



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ISABELA DANTE ALVES NEGRÃO

**CÚRCUMA COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EM
HAMBÚRGUERES DE FRANGO**

Londrina
2021

ISABELA DANTE ALVES NEGRÃO

**CÚRCUMA COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EM
HAMBÚRGUERES DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo.

Londrina
2021

N385c Negrão, Isabela Dante Alves.

Cúrcuma como antioxidante natural em hambúrgueres de frango. / Isabela Dante Alves Negrão. - Londrina, 2021.
76 f.

Orientador: Adriana Lourenço Soares Russo.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Composição química aproximada, teor de compostos fenólicos e flavonoides da farinha de cúrcuma. - Tese. 2. Atividade antioxidante da farinha de cúrcuma de acordo com os métodos de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) e poder de redução do íon férrico (FRAP) e caracterização da farinha de cúrcuma em relação a antioxidante. - Tese. 3. Caracterização dos hambúrgueres de frango e ação da farinha de cúrcuma em diferentes concentrações como antioxidante natural em hambúrgueres de frango. - Tese. I. Russo, Adriana Lourenço Soares. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 641.1

ISABELA DANTE ALVES NEGRÃO

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CÚRCUMA E
CÚRCUMA COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EM
HAMBÚRGUERES DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Orientadora Dra. Adriana Lourenço
Soares Russo
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a Dra. Karla Bigetti Guergoleto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a Dra. Talita Kato
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR

Londrina, 29 de novembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a minha fortaleza.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares primeiramente por me abraçar, mesmo à distância e me compreender nas necessidades da minha vida pessoal, mas principalmente por todo o suporte e orientação, fundamentais para a minha formação.

Agradeço à todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, com quem tive contato durante esses anos.

Às minhas colegas do grupo de carnes, pela troca de experiência e pelo apoio nos laboratórios, mas principalmente, agradeço as amigas Fernanda e Ana, fundamentais para o meu crescimento.

Aos meus colegas do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, por todo auxílio prestado, fundamentais para o meu desenvolvimento.

Ao meu querido marido, Fernando, por sempre estar ao meu lado, e por me incentivar desde o início na busca por este título.

Aos meus queridos bebês, Gabriel e Lucas, por me proporcionarem conhecer o verdadeiro significado do amor, e por colaborarem nos momentos enquanto me ausentei para poder estudar.

À minha querida mãe, Izabel, minha base, obrigada por sempre estar ao meu lado e principalmente por me ajudar a cuidar dos meus filhos enquanto eu me dedicava aos estudos.

À minha irmã, Daniela, companheira, obrigada por me ajudar em todos os momentos de maior dificuldade e por ser a melhor madrinha do mundo para os meus filhos.

À minha família, por me incentivar a conquistar esse objetivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

NEGRÃO, Isabela Dante Alves. **Cúrcuma como antioxidante natural em hambúrgueres de frango**. 2021. Número total de folhas 76 F. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

A oxidação lipídica é uma das principais causas da perda de qualidade dos produtos cárneos. Os antioxidantes sintéticos são normalmente utilizados para o controle destas reações, entretanto há relatos de estarem relacionados às desordens gastrointestinais, estomacais e alergias alimentares. Assim, há interesse no desenvolvimento de antioxidantes de fontes naturais em substituição aos sintéticos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar o uso da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) como antioxidante natural em hambúrguer de frango. A farinha de cúrcuma foi elaborada por meio da desidratação e moagem de seu rizoma, que posteriormente foi avaliada com relação a composição química aproximada, o conteúdo total de compostos fenólicos e flavonoides e atividade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP. Foram elaborados hambúrgueres de frango com adição de farinha de cúrcuma nas concentrações de 0,00% (Controle), 0,25%, 0,50% e 0,75% e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (antioxidante sintético comercial). Posteriormente, os hambúrgueres de frango foram armazenados a -18°C e submetidos às análises de composição química aproximada, pH, rendimento, encolhimento, cor, perfil de textura e oxidação lipídica nos intervalos de 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento. A farinha de cúrcuma apresentou alto teor de carboidratos 78,12%, de compostos fenólicos totais (8,13 mg GAE g⁻¹) e flavonoides (29,68 mg QE g⁻¹) e elevada atividade antioxidante pelo método DPPH (48,71% de inibição) e poder de redução do íon férrico (FRAP) (9,11 mg QE g⁻¹). Na avaliação dos hambúrgueres, não foram observadas alterações de composição química, pH e encolhimento. O hambúrguer com adição de 0,75% de farinha de cúrcuma apresentou maior rendimento que os demais. Em relação a coloração, de maneira geral, a adição de cúrcuma ocasionou hambúrgueres de coloração mais escura, menos avermelhados e mais amarelados. Quanto ao perfil de textura não foram observadas diferenças significativas entre as formulações. Quanto a oxidação lipídica, os hambúrgueres elaborados com farinha de cúrcuma apresentaram estabilidade oxidativa semelhante ($p > 0,05$) ao hambúrguer elaborado com eritorbato de sódio, sendo significativamente diferentes ($p < 0,05$) do hambúrguer

controle em todos os tempos de armazenamento. A cúrcuma atuou como um potente antioxidante natural, prevenindo a oxidação lipídica na mesma intensidade que o antioxidante sintético eritorbato de sódio, demonstrando potencial aplicação em produtos cárneos.

Palavras-chave: *Compostos fenólicos, produtos cárneos, cor, oxidação lipídica, textura.*

NEGRÃO, Isabela Dante Alves. **Turmeric as a natural antioxidant in chicken burgers**. 2021. Número total de folhas 76 F. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

Lipid oxidation is one of the main causes of loss of quality in meat products. Synthetic antioxidants are commonly used to control these reactions, however there are reports that they are related to gastrointestinal disorders, stomach and food allergies. Thus, there is interest in the development of antioxidants from natural sources to replace synthetic ones. So, the aim of this work was to investigate the use of turmeric (*Curcuma longa L.*) as a natural antioxidant in chicken hamburger. Turmeric flour was prepared by dehydrating and grinding its rhizome, which was later evaluated in relation to proximate composition, total phenolic content and flavonoid compounds and antioxidant activity by the DPPH and FRAP methods. Chicken hamburgers were prepared with the addition of turmeric flour at concentrations of 0.00% (Control), 0.25%, 0.50% and 0.75% and with the addition of 0.25% sodium erythorbate (synthetic antioxidant commercial). Subsequently, the chicken hamburgers were stored at -18°C and subjected to analyzes of proximate composition, pH, water activity, yield, shrinkage, color, texture profile and lipid oxidation at intervals of 1, 15, 30 and 45 days of storage. Turmeric flour had a high content of carbohydrates 78.12%, of total phenolic compounds (8.13 mg GAE g⁻¹) and flavonoids (29.68 mg QE g⁻¹) and high antioxidant activity by the DPPH method (48,71% inhibition) and ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) (9.11 mg QE g⁻¹). In the evaluation of the hamburgers, no changes in proximate composition, pH and shrinkage were observed. The hamburger with the addition of 0.75% turmeric flour showed higher yield than the others. Regarding color, in general, the addition of turmeric caused hamburgers with a darker color, less reddish and more yellowish. About the texture profile, significant differences weren't observed between the formulations. As for lipid oxidation, the hamburgers made with turmeric flour showed similar oxidative stability ($p>0.05$) to the hamburger made with sodium erythorbate, being significantly different ($p<0.05$) from the control hamburger at all times of storage. Turmeric acted as a potent natural antioxidant, preventing lipid oxidation at the same intensity as the synthetic antioxidant sodium erythorbate, demonstrating potential application.

Key-words: Phenolic compounds, meat products, color, lipid oxidation, texture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de reação em cadeia da oxidação lipídica	21
Figura 2 – Título da figura Estruturas fenólicas dos antioxidantes sintéticos Butil Hidroxianisol (BHA), Butil Hidroxitolueno (BHT), Galato de Propila (GP) e Butil Hidroxiquinona (TBHQ).	23
Figura 3 – Estrutura química do antioxidante sintético eritorbato de sódio.	24
Figura 4 – Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) com inflorescência (a); Rizomas frescos (b); Turmerico: rizomas secos e moídos (c)	27
Figura 5 – Componentes químicos de <i>C. longa</i> . (1) curcumina; (2) desmetoxicurcumina; (3) bisdesmetoxicurcumina.	28

ARTIGO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferença Total de Cor (ΔE) dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC _{0,25%}), 0,50% (TC _{0,50%}) e 0,75% (TC _{0,75%}) de farinha de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias	56
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulações dos hambúrgueres de frango crus com adição de eritorbato de sódio (ES) e com diferentes concentrações de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) seca em pó: Controle (0%), TC_{0,25%} (0,25%), TC_{0,50%} (0,50%) e TC_{0,75%} (0,75%).

36

ARTIGO

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química aproximada, teor de compostos fenólicos totais, compostos flavonoides totais e atividade antioxidante determinada pelos métodos de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) e de poder antioxidante de redução do íon ferro (FRAP) e cor (L*, a* e b*) da farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.)

49

Tabela 2 – Composição química aproximada, pH de hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES).

52

Tabela 3 – Porcentagem de rendimento e de encolhimento de hambúrgueres de frango após cocção a 215 °C elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES).

53

Tabela 4 – Parâmetros de cor L*, a* e b* dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES). Durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias

55

Tabela 5 – Análise de perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres de frango após cocção a 215 °C elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias

57

Tabela 6 – Valores de oxidação lipídica (mg de malonaldeído kg⁻¹ de amostra) dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias

59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMS	Carne Mecanicamente Separada
DPPH	Eliminação do Radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil
FRAP	Redução do Íon Ferro
GAE	Ácido Gálico Equivalente
QE	Quercetina Equivalente
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido 2-tiobarbitúrico
TPA	Análise de Perfil de Textura (da sigla inglesa <i>Texture Profile Analysis</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	HAMBÚRGUER	17
3.2	OXIDAÇÃO LIPÍDICA	18
3.3	ANTIOXIDANTES	21
3.4	CÚRCUMA	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	MATÉRIA-PRIMA	33
4.2	OBTENÇÃO DA FARINHA DE CÚRCUMA	33
4.3	Análise de Cor e COMPOSIÇÃO QUÍMICA APROXIMADA DA FARINHA DE CÚRCUMA	33
4.4	AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CÚRCUMA	34
4.4.1	DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH	34
4.4.2	DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DE REDUÇÃO DE FERRO (FRAP)	34
4.4.3	DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	35
4.4.4	DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FLAVONOIDES	35
4.5	ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES	36
4.6	ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO	38
4.6.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA APROXIMADA DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO	38
4.6.2	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO	38
4.6.3	ANÁLISE DE COR	39
4.6.4	ANÁLISE DE TEXTURA	39
4.6.5	ANÁLISE DE OXIDAÇÃO LIPÍDICA	39
4.6.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1	ARTIGO CIENTÍFICO – Caracterização da farinha de cúrcuma e avaliação da atividade antioxidante em hambúrguer de frango	41
	Resumo	42

Introdução	43
Material e Métodos	44
<i>Caracterização e obtenção da farinha de cúrcuma</i>	44
<i>Análise de cor e Composição química aproximada da farinha de cúrcuma</i>	44
<i>Avaliação da atividade antioxidante da farinha de cúrcuma</i>	45
Obtenção dos Extratos	45
Atividade antioxidante e a determinação de compostos fenólicos e flavonóides da farinha de cúrcuma	45
<i>Elaboração e avaliação dos hambúrgueres de frango</i>	46
Elaboração dos hambúrgueres de frango	46
Análises físico-químicas e composição aproximada dos hambúrgueres	47
Avaliação da Oxidação Lipídica	48
Análise estatística	48
Resultados e Discussão	49
<i>Composição química aproximada, compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante da cúrcuma</i>	49
<i>Avaliação dos hambúrgueres de frango</i>	51
Conclusão	61
Referências	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Os hambúrgueres de frango são produtos cárneos que apresentam alto teor de lipídios e para sua fabricação a carne passa por processo de moagem propiciando o desenvolvimento da oxidação lipídica, considerada uma das principais causas de perda de qualidade deste produto. A oxidação leva ao aparecimento de odores e aromas característicos do ranço, perda do valor nutricional decorrente da destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais e à formação de substâncias potencialmente tóxicas como o malonaldeído (MDA) (REDDY; REDDY; MANDAL, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2019). Para prevenir esses processos oxidativos e aumentar a vida útil dos alimentos processados, a indústria utiliza antioxidantes, principalmente sintéticos (GUERRA *et al.*, 2020), que em contrapartida, estão associados à desordens gastrointestinais, alergias alimentares e efeito carcinogênico (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Neste sentido, a indústria de alimentos tem buscado antioxidantes de origem natural, em substituição aos sintéticos pois além de prevenir as alterações físico-químicas no alimento (RIBEIRO *et al.*, 2019), são ricos em compostos fenólicos, metabólitos secundários das plantas, com atividade antioxidante que estão relacionados à capacidade de quelar íons metálicos e eliminar radicais livres durante o estresse oxidativo (PEREIRA *et al.*, 2009). Alguns exemplos de antioxidantes naturais que têm sido estudados em diversas matrizes alimentares como pães (LIM *et al.*, 2011) e produtos cárneos (FERNANDES *et al.*, 2016; CÓCARO *et al.*, 2019; PATRIANI *et al.*, 2021), são os extratos naturais e farinhas de ervas, frutas e condimentos, como extrato de folha de oliveira, orégano, manjerição, alecrim e alho; farinha de linhaça, bagaço de romã (ZHANG; WU; GUO, 2016; SHARMA; YADAV, 2020) e farinha de cúrcuma (MANCINI *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2020; KILIC; OZ; OZ, 2021).

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.), é um arbusto nativo do sul da África e popularmente conhecida como açafrão-da-terra, pertence à família *Zingiberaceae* e é amplamente utilizado na Índia e na culinária mundial. Estudos demonstraram que a cúrcuma exibe uma variedade de propriedades, que incluem atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (HEWLINGS; KALMAN, 2017). O rizoma da cúrcuma, para fins de conservação, é desidratado e moído na forma de pó,

que é rico em carboidratos e compostos fenólicos, como a curcumina, que atua eliminando espécies ativas de oxigênio, como radicais hidroxila, ânions superóxido e oxigênio singlete, que causam danos às células e estão relacionadas à oxidação lipídica (LIM *et al.*, 2011; BAGCHI, 2012; SUETH-SANTIAGO *et al.*, 2015). Neste sentido, torna-se importante investigar as propriedades antioxidantes da farinha de cúrcuma e sua atividade como antioxidante natural em hambúrgueres de frango, visando substituição de antioxidantes sintéticos normalmente utilizados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a farinha de cúrcuma com relação a atividade antioxidante e investigar sua adição em diferentes concentrações em hambúrguer de frango

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar a farinha de cúrcuma e analisar a sua cor, composição química aproximada, o conteúdo total de compostos fenólicos e flavonoides e sua atividade antioxidante através dos métodos de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) e poder de redução do íon férrico (FRAP);
- Elaborar hambúrgueres de frango com adição de 0, 0,25, 0,50 e 0,75% de farinha de cúrcuma como antioxidante natural e hambúrguer com adição de 0,25% de eritorbato de sódio como antioxidante sintético;
 - Analisar a composição química e pH dos hambúrgueres crus;
 - Avaliar a oxidação lipídica e a cor dos hambúrgueres crus durante seu armazenamento por 45 dias;
- Avaliar o rendimento (%), encolhimento (%) e o perfil de textura após cocção dos hambúrgueres durante seu armazenamento por 45 dias;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HAMBÚRGUER

Registros indicam que o consumo da carne moída ou picada, temperada e grelhada, surgiu no século XVIII, e foi a partir do século XX que iniciou o interesse pela industrialização do hambúrguer por um produto que estava associado às características em ser um alimento saboroso, nutritivo, prático e econômico (REGO; VIALTA; MADI, 2021).

Segundo a Instrução Normativa nº 20 de 31 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), que traz o regulamento técnico de identidade e qualidade, onde define-se hambúrguer, como o "produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado". A carne, de diferentes espécies de animais de açougue, é um dos ingredientes obrigatórios e os valores de composição química que devem ser respeitados são: gordura máxima de 23%, proteína mínima de 15%, carboidratos totais máximo de 3%, teor máximo de cálcio, em base seca, de 0,1% para hambúrguer cru e de 0,45% para hambúrguer cozido.

O hambúrguer é um produto cárneo processado (RIBEIRO *et al.*, 2019) que apresenta composição química complexa, sendo rico em nutrientes como aminoácidos, lipídios, vitaminas e minerais, e por isso, é altamente suscetível a alterações químicas e microbiológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Dentre as alterações químicas, destaca-se a oxidação lipídica, favorecida pelo teor lipídico elevado do produto e da cominuição da carne para sua produção, sendo que estas reações são descritas como a principal razão para a diminuição da qualidade dos hambúrgueres durante o armazenamento, resultando na diminuição da vida útil (NASCIMENTO; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2005; GAHRUIE *et al.*, 2017; REAL *et al.*, 2019).

Por causa dessas alterações, o uso de antioxidantes faz-se necessário para a manutenção da vida útil do produto (REAL *et al.*, 2019), entretanto, o consumo do hambúrguer segue a macrotendência do bem-estar e da saúde, onde há uma crescente demanda por produtos de diferentes sabores, com ingredientes de melhor qualidade, que ofereçam benefícios para a saúde e que não contenham ingredientes relacionados às doenças crônicas não transmissíveis (REGO; VIALTA;

MADI, 2021).

3.2 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Lipídios são moléculas que armazenam energia, carreadoras de vitaminas lipossolúveis, solúveis em solventes orgânicos apolares e com baixa solubilidade em água (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018). Nos alimentos desempenham uma importante função, principalmente em relação às propriedades sensoriais, tornando-os mais desejáveis, por conferirem sabor, odor, maciez e suculência ao produto (CAMPBELL-PLATT, 2016), entretanto, lipídios são extremamente vulneráveis à oxidação, principalmente os compostos por ácidos graxos insaturados (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018).

A oxidação lipídica é a maior causa da deterioração química de carnes e produtos cárneos (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018). Fatores como a composição química, presença de lipídios insaturados, pigmentos heme, catalisadores, diversos tipos de agentes oxidativos presentes no tecido muscular, temperatura e tempo de armazenamento, processamento, transporte, assim como também a exposição à luz, embalagem e a formulação do produto, podem contribuir para a oxidação lipídica (OLIVEIRA *et al.*, 2016; AMARAL; SILVA; LANNES, 2018; ZAGO, 2018; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019).

O processo de oxidação pode causar degradação das vitaminas, pigmentos e ácidos graxos essenciais, ocasionando assim a perda do valor nutritivo e formação de sabor e odor desagradáveis, além de gerar substâncias potencialmente tóxicas. A descoloração é proveniente da oxidação dos pigmentos, causada pela modificação do íon ferroso (Fe^{2+}) para íon férrico (Fe^{3+}), formando a metamioglobina, caracterizada pela coloração marrom pardo, levando a rejeição pelos consumidores devido à perda de cor vermelha característica da carne (LEÃO *et al.*, 2017; ZAGO, 2018). A oxidação lipídica conduz à formação de aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois, hidrocarbonetos, que promovem alterações indesejáveis no alimento e produtos tóxicos, como o MDA e óxidos de colesterol (REDDY; REDDY; MANDAL, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Os produtos resultantes da oxidação lipídica são classificados em produtos primários e secundários. Os produtos primários podem ser avaliados através de metodologias como o índice de peróxido, hidroperóxidos individuais e

dienos/trienos conjugados (ARAÚJO, 2004). Já os produtos secundários, responsáveis pelas alterações sensoriais, são determinados pela quantificação dos hidrocarbonetos (como etano e pentano), de ácidos graxos livres ou de compostos voláteis, como aldeídos, cetonas e álcoois. O teste das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é muito utilizado em carnes e produtos derivados, pois o MDA é um dos principais aldeídos gerados pela oxidação dos ácidos graxos insaturados (CASAROTTO, 2013).

A velocidade de oxidação pode ser afetada pela área superficial dos alimentos devido a sua maior exposição ao oxigênio, como no caso da carne moída, acelerando o processo de oxidação, além da adição de sal, que pode aumentar a atividade catalítica do ferro e reduzir a atividade de enzimas antioxidantes, que poderiam atuar prevenindo a oxidação (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2017).

A oxidação lipídica pode ocorrer através da fotoxidação, oxidação enzimática e autooxidação, em que agentes catalisadores diversos podem agir sobre os ácidos graxos insaturados, causando a degradação oxidativa. Entre os fatores que afetam a estabilidade oxidativa dos lipídios, os ácidos graxos insaturados se destacam como principais substratos (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018).

As reações de oxidação estão entre as mais comuns em alimentos, causadas pelo oxigênio atmosférico, que ocorrem quando elétrons são removidos de um átomo ou grupos de átomos e para cada reação desta, há uma outra reação de redução, envolvendo a adição de elétrons a um átomo ou grupo de átomos (ARAÚJO, 2004; LEÃO *et al.*, 2017).

A fotoxidação de gorduras insaturadas, ocorre através da radiação ultravioleta (UV), com a participação do oxigênio singlete, durante esse processo são produzidos hidroperóxidos formados na presença de sensibilizadores (como hemoglobina ou mioglobina) e luz (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019). O oxigênio triplete ($^3\text{O}_2$) está presente na natureza, conhecido como o oxigênio atmosférico, já o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) é consequente da reação entre a luz UV e o oxigênio triplete. O oxigênio singlete, diferente do triplete, possui uma alta repulsão eletrostática e é altamente eletrofilico, que reage facilmente com regiões de dupla ligação de ácidos graxos insaturados (alta densidade de elétrons), produzindo um hidroperóxido sem a formação do radical alquil (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019). Por outro lado, pode transferir elétrons e produzir o ânion superóxido, que pode reagir com ácidos graxos insaturados e iniciar a oxidação lipídica e o mecanismo em cadeia da

formação de radicais livres (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019).

Entre os três mecanismos de oxidação lipídica, a autooxidação é o processo mais importante de oxidação lipídica na carne. É uma reação em cadeia de formação de radicais livres, cíclica e auto-catalítica, que envolve ácidos graxos insaturados e oxigênio e se divide em três estágios: iniciação, propagação e terminação (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019).

A etapa de iniciação ocorre quando o oxigênio molecular e os ácidos graxos insaturados reagem, na presença de um iniciador ou catalisador (ferro, cobre, enzimas, oxigênio, luz, calor) (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019), formando hidroperóxidos (compostos não voláteis, sem odor, e relativamente instáveis) que são os produtos primários da oxidação (CASAROTTO, 2013). Nesta fase não há ainda odor e sabor de ranço no produto (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

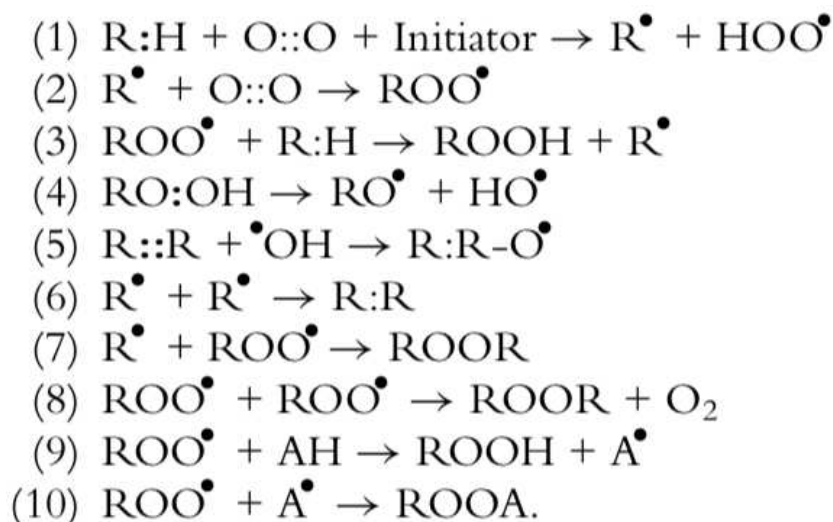
Uma vez formado, o radical livre reage com o oxigênio para formar o radical peroxila, altamente reativo e capaz de remover átomos de hidrogênio de outros ácidos graxos insaturados, propagando, portanto, a reação de oxidação, ou então se decompõe levando à formação de produtos secundários da oxidação (alcanos, alcenos, aldeídos, cetonas e álcoois) (CASAROTTO, 2013). Estes compostos são voláteis e responsáveis por alterações do odor, sabor e aroma de ranço nos alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A etapa de terminação, ou fase final, ocorre com a interação de dois radicais livres formando um não-radical e há o aumento do número de peróxidos, onde a ruptura deles, resulta em produtos secundários de baixa massa molecular que são responsáveis pelo odor, sabor e aroma de ranço e alterações na viscosidade (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A Figura 1 apresenta as etapas do processo de oxidação lipídica. Observa-se que no início da oxidação (1), ocorre ação de agentes oxidantes, como o oxigênio, sobre ácidos graxos insaturados, com remoção do H, formando um radical alquila $R\cdot$. Este radical alquila irá reagir com o oxigênio e formar o radical peroxila $ROO\cdot$ (2), que irá remover um H de outro ácido graxo insaturado, formando um hidroperóxido $ROOH$ e um novo radical alquila $R\cdot$ (3). Os hidroperóxidos podem se degradar formando novos radicais: alcoxila $RO\cdot$ e hidroxila $OH\cdot$ (4), que conseqüentemente irão reagir com outros ácidos graxos insaturados e propagar a reação de oxidação. Por fim, duas espécies radicais reagem entre si, formando um não-radical (6 a 8), finalizando o processo de oxidação. Nas etapas 9 e 10 pode-se

verificar a ação de antioxidantes A· no mecanismo de oxidação, formando produtos mais estáveis (BREWER, 2011).

Figura 1 - Etapas de reação em cadeia da oxidação lipídica.



Fonte: Brewer (2011).

3.3 ANTIOXIDANTES

Durante o processamento dos produtos cárneos, ocorrem várias reações de deterioração, que podem ser causadas pela oxidação lipídica, resultando em alterações das características tanto físicas quanto nutricionais no alimento (RIBEIRO *et al.*, 2019). O uso de embalagens pode retardar essas transformações, mas a aplicação de antioxidantes ainda é a melhor estratégia para prevenir reações de oxidação (GAHRUIE *et al.*, 2017). Antioxidantes são substâncias que retardam os processos de oxidação estabilizando e aumentando o tempo de vida útil dos alimentos (RATHER *et al.*, 2016; AMINZARE *et al.*, 2019).

Os antioxidantes podem atuar no mecanismo de oxidação lipídica de diferentes maneiras: eliminando radicais iniciantes, controlando a formação de radicais livres, estabilizando compostos pró-oxidantes e intermediários da oxidação (SANTOS-SANCHEZ, 2017; DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2019).

Os antioxidantes primários são também conhecidos como antioxidantes de quebra de cadeia, reagem diretamente com os radicais lipídicos e inibem a oxidação eliminando radicais livres através da doação de átomos de

hidrogênio ou elétrons. Os antioxidantes secundários atuam por diferentes mecanismos, quelatando metais como Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , eliminando o oxigênio, absorvendo a radiação UV, ou desativando o oxigênio singlete e inibindo enzimas (REDDY; REDDY; MANDAL, 2018). Os antioxidantes exógenos são incorporados na carne através de fontes externas, que incluem compostos flavonoides, polifenóis, extratos de plantas e etc., já os endógenos são naturalmente produzidos na carne por reações metabólicas, como as enzimas antioxidantes (REDDY; REDDY; MANDAL, 2018). Os antioxidantes naturais são compostos de fontes naturais enquanto os sintéticos são produtos químicos com propriedades antioxidantes (REDDY; REDDY; MANDAL, 2018).

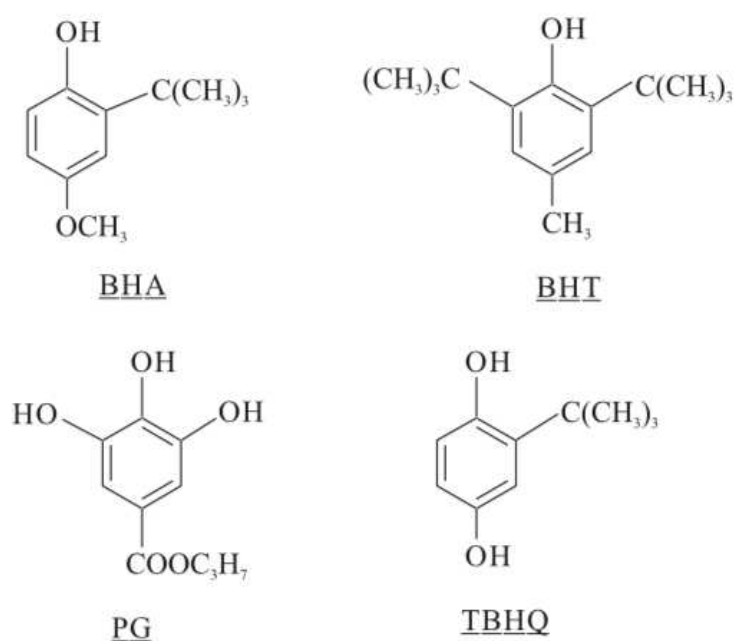
Os antioxidantes naturais e os sintéticos são considerados um aditivo alimentar (CAMPBELL-PLATT, 2016), que são definidos como ingrediente adicionado ao alimento, com o objetivo de modificar suas características químicas, físicas, biológicas ou sensoriais (BRASIL, 1997). No Brasil, o uso dos antioxidantes é regulamentado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Portaria nº 540 de 27 de outubro de 1997 (BRASIL, 1997). O Codex Alimentarius permite apenas o uso dos antioxidantes que foram avaliados pelo comitê de especialistas em aditivos alimentares da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) e da OMS (Organização Mundial da Saúde), e estes aditivos podem ser usados apenas para alimentos padronizados pelo Codex (RATHER *et al.*, 2016).

Para fins de rotulagem, a RDC nº 259 de 2002 (Regulamento Técnico para Rotulagem de Alimentos Embalados) (BRASIL, 2002), determina que os aditivos alimentares sejam declarados na lista de ingredientes, constando a função principal, ou fundamental do aditivo, seu nome completo e número do INS (Sistema Nacional de Numeração) (SILVA GOMES *et al.*, 2017). De acordo com a RDC nº 272 de 2019, que estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos, na categoria “Produto Cárneo Processado” podem ser utilizados como antioxidantes o ácido ascórbico, o ascorbato de sódio, de cálcio ou de potássio, ácido eritórbico, ácido isoascorbico, eritorbato de sódio, isoascorbato de sódio, galato de propila, BHA, D-alfa-tocoferol e mistura concentrada de tocoferóis para os produtos industrializados frescos, sendo este o produto industrializado cru não submetido ao processo de cozimento ou secagem no processo de elaboração (BRASIL, 2019).

Os antioxidantes classificados como sintéticos são compostos

químicos que apresentam estruturas fenólicas contendo variáveis graus de substitutos alquilas. Nos alimentos, existem quatro tipos de antioxidantes fenólicos sintéticos mais utilizados, que são Butil Hidroxianisol (BHA), Butil Hidroxitolueno (BHT), Butil Hidroxiquinona (TBHQ) e Galato de Propila (GP) conforme apresentado na Figura 2 (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2019). Eles atuam inibindo a fase inicial da oxidação, interagindo com radicais livres, ou na fase de propagação, reagindo os radicais alcóxila ou peróxila (BOBBIO; BOBBIO, 2001; HONORATO; BATISTA, 2013), através da doação de um próton a um radical livre, regenerando a molécula de acilglicerol, e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres (RAMALHO; JORGE, 2006).

Figura 2 - Estruturas fenólicas dos antioxidantes sintéticos Butil Hidroxianisol (BHA), Butil Hidroxitolueno (BHT), Galato de Propila (GP) e Butil Hidroxiquinona (TBHQ).

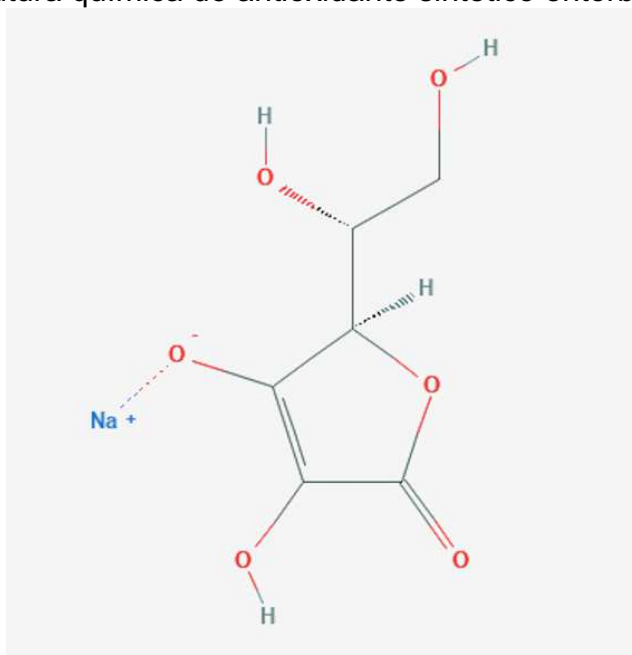


Fonte: Ramalho & Jorge (2006).

Os antioxidantes eritorbatos são divididos em ácido eritórbito (INS 315) e eritorbato de sódio (INS 316) (Figura 3) e são estereoisômeros do ácido ascórbico, diferindo apenas na posição do grupo hidroxila e no hidrogênio do quinto carbono, possuindo basicamente a mesma função. Dentre estes antioxidantes, o eritorbato de sódio é o mais empregado em carnes curadas, frutas congeladas, vegetais, óleos, gorduras, mariscos e peixes com a função de reduzir a formação de

nitrosaminas durante a cura e cozimento. O eritorbato de sódio apresenta atividade antioxidante eliminando radicais peroxila ou suprimindo a formação de radicais livres, através da doação de hidrogênio sendo um agente redutor, atuando também no sequestro do oxigênio singleto (ELAMA; TARAWA; AL-RIMAWI, 2017; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018). Segundo a RDC nº 272, o eritorbato de sódio pode ser utilizado na categoria de “Produto Carneio Processado” sem limitação de quantidade (BRASIL, 2019).

Figura 3 - Estrutura química do antioxidante sintético eritorbato de sódio.



Fonte: (PUBCHEM, [s.d.]

Estudos têm apontado grande preocupação com a utilização desses compostos sintéticos na alimentação, alguns têm demonstrado estarem envolvidos em alergias alimentares, estomacais e intestinais (RIBEIRO *et al.*, 2019) suspeitas de estarem relacionado como promotores de carcinogênese, toxicidade e riscos à saúde humana (AMINZARE *et al.*, 2019; HONORATO; BATISTA, 2013), por isso várias pesquisas estão sendo direcionadas para buscar alternativas de compostos naturais (ELAMA; TARAWA; AL-RIMAWI, 2017). A desvantagem principal da utilização dos antioxidantes naturais é a sua fácil percepção no alimento por parte dos consumidores (LIM *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013), contudo, uma das vantagens da utilização de antioxidantes naturais é que não apresentam utilização limitada pela legislação.

Especiarias, ervas, frutas e sementes que são comestíveis e

normalmente utilizadas na culinária para conferir sabor e aroma característicos contém altas concentrações de componentes fenólicos que atuam como antioxidantes (AMINZARE *et al.*, 2019). Estes compostos naturais também podem contribuir como ingredientes nutracêuticos ou suplementos para promoção de saúde, permitindo o desenvolvimento de novos produtos (JIANG; XIONG, 2016), e estudos têm sido empregados para avaliar o potencial antioxidante destes compostos e sua utilização em produtos cárneos (AMINZARE *et al.*, 2019; PEREIRA, 2009)

Os compostos fenólicos são definidos como substâncias que apresentam em suas estruturas um anel aromático com uma ou mais hidroxila (OLIVEIRA *et al.*, 2016; RAMALHO; JORGE, 2006). O que influencia na atividade do sequestro de radicais livres dos fenólicos vegetais é a posição e o grau de hidroxilação, polaridade, solubilidade, estabilidade (AMINZARE *et al.*, 2019; DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2019). Os principais compostos fenólicos podem ser classificados em grupos, como, diterpenos fenólicos (ácido carnósico e carnosol), flavonoides (quercetina e catequina), ácidos fenólicos (gálico, ácido romarínico e ácido cafeico) e óleos voláteis (carvacrol, eugenol, timol e mentol) (AMINZARE *et al.*, 2019).

Os flavonoides são os pigmentos vegetais responsáveis pelas cores das plantas e exercem atividade de eliminação de radicais livres (TANVIR *et al.*, 2017). As antocianinas, flavonas e flavonóis são os tipos de compostos flavonoides mais conhecidos, sendo que auronas, calconas e isoflavonas são encontrados com menor frequência. Entre as antocianinas, apenas seis (pelargonina, cianidina, delphinidina, peonidina, etunidina e malvidina) são importantes para a tecnologia de alimentos, consideradas como aditivos eficazes e seguros na indústria alimentícia, usados essencialmente para conferir cor. Os flavonoides são quelantes de metais e atuam doando átomos de hidrogênio e, conseqüentemente, inibindo reações em cadeia provocadas pelos radicais livres (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Antioxidantes naturais têm sido estudados em diferentes matrizes alimentares como pães (LIM *et al.*, 2011) e com destaque para os produtos cárneos, associados a diferentes ingredientes naturais, como a farinha de linhaça, o pó da pele de manga, o pó do bagaço de romã e extrato de cúrcuma (FERNANDES *et al.*, 2016; CÓCARO *et al.*, 2019; CARVALHO *et al.*, 2020; CHAPPALWAR, PATHAK, GOSWAMI, 2020; SHARMA & YADAV, 2020; PATRIANI *et al.*, 2021),

Treze extratos de plantas foram avaliados por Fernandes *et al.* (2016) como potenciais antioxidantes para hambúrguer de cordeiro congelado por 5 dias, e

comparados ao antioxidante sintético eritorbato de sódio (2%). Os melhores resultados de capacidade antioxidante por DPPH e FRAP, teor de compostos fenólicos e avaliação sensorial foram obtidos para o orégano (18,37 mL/kg), a manjerona (26,51 mL/kg), a erva cidreira (26,62 mL/kg) e o alecrim (29,69 mL/kg), em que a concentração do extrato foi expressa em mL/kg de produto cárneo. Os autores concluíram que essas ervas aromáticas podem ser utilizadas como substitutas do eritorbato de sódio em hambúrgueres de cordeiro (FERNANDES *et al.*, 2016).

Extratos de folha de oliveira (oleuropeína) e eritorbato de sódio, nas concentrações de 0,25%, 0,5% e 0,75%, foram comparados como antioxidantes em hambúrgueres bovinos congelados no período de 6 meses. Neste estudo, os resultados mostraram que a quantidade de produtos de oxidação foi maior nas amostras tratadas com oleuropeína e eritorbato de sódio (0,25% e 0,75%), sendo que a melhor concentração para agir como antioxidante em hambúrgueres foi de 0,5% para eritorbato de sódio e oleuropeína (ELAMA; TARAWA; AL-RIMAWI, 2017).

Extratos de resíduos de vinificação foram identificados como antioxidantes eficientes na conservação de salsichas durante o período de armazenamento, cervejaria (51%) e uva branca (7,35%), com destaque para o resíduo de uva tinta (Merlot), que além de preservar as características do produto, quando comparadas ao eritorbato de sódio, não causou perdas à qualidade sensorial do produto, podendo ser utilizado como substituto ao antioxidante comercial (CASAROTTO, 2013).

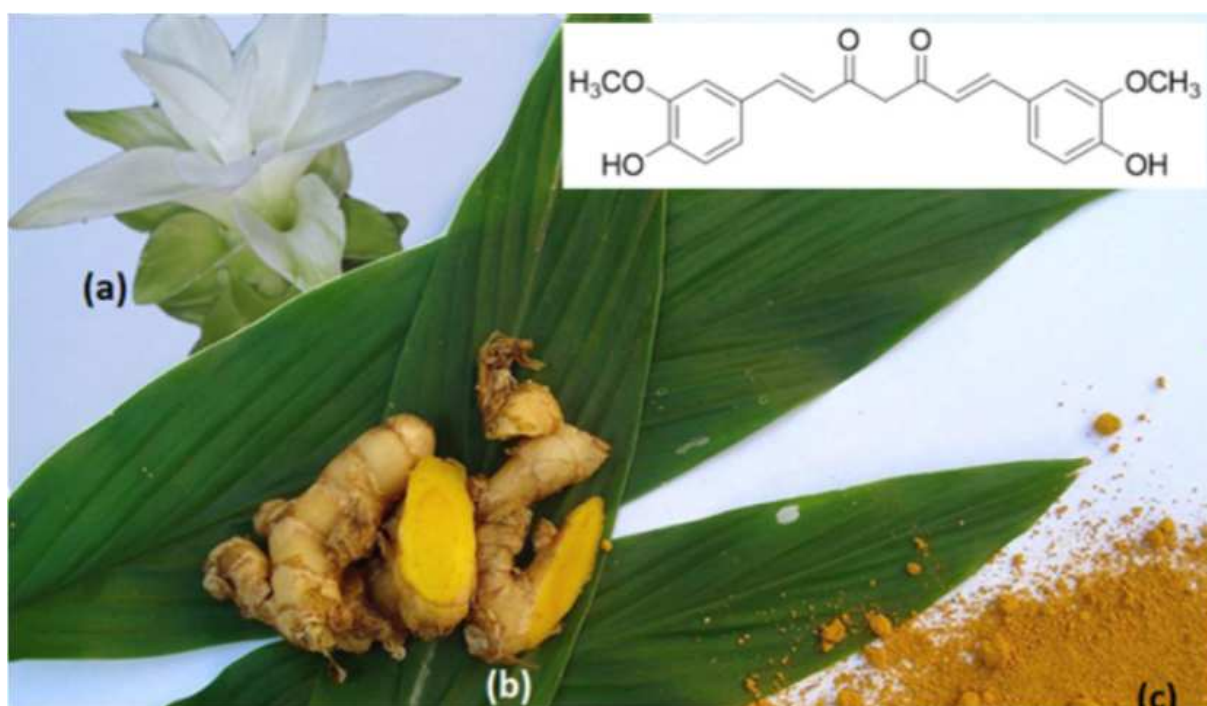
O uso de extratos de alecrim (1%), cravo (1%) e alecrim + cravo (0,5% + 0,5%) se mostraram altamente eficazes contra o crescimento microbiano e a oxidação lipídica, quando comparados ao antioxidante comercial BHT (0,02%), apresentando-se como potencial antioxidante natural na preservação de filés de peito de frango crus durante o período de 15 dias a uma temperatura de 4 °C (ZHANG; WU; GUO, 2016).

3.4 CÚRCUMA

A cúrcuma (Figura 4) é um arbusto perene natural do sul da Ásia (GUERRA *et al.*, 2020), da família *Zingiberaceae* e espécie *Curcuma longa* L. (TANVIR *et al.*, 2017). A cúrcuma selvagem é conhecida como *C. aromática* e a

espécie doméstica é chamada de *Curcuma longa* L. (BAGCHI, 2012). No Brasil, o açafrão da Índia (*Curcuma longa*) é confundido com outra espécie, a *Crocus sativus*, também denominada de açafrão, por este motivo cresce no meio científico o consenso pela denominação da espécie de *Curcuma longa* L. (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2000).

Figura 4 - Cúrcuma (*Curcuma longa* L.) com inflorescência (a); Rizomas frescos (b); Turmérico: rizomas secos e moídos (c);

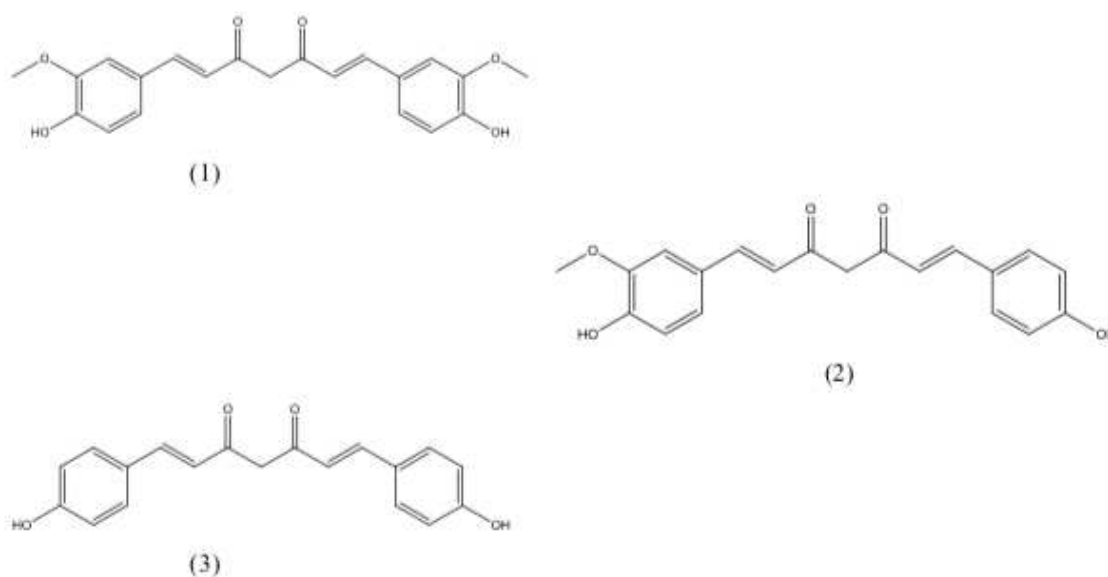


Fonte: SUETH-SANTIAGO *et al* (2015), *apud:* (Imagens gentilmente cedidas por Neide Rigo; <http://come-se.blogspot.com.br/>)

A cúrcuma é conhecida no mercado internacional como Turmeric (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2000), suas folhas grandes atingem em média 120 a 150 cm de altura e emanam um perfume agradável quando amassadas, a parte do vegetal com maior utilização e interesse comercial é o rizoma, que pode ser consumido fresco ou seco. Entretanto, para fins de conservação, este rizoma é desidratado e moído, gerando um pó de coloração amarelo dourado (Figura 4) denominado turmérico (SUETH-SANTIAGO *et al.*, 2015), que é o principal ingrediente do curry em pó (SANTOS-SANCHEZ *et al.*, 2017). Existem aproximadamente 80 espécies de cúrcuma e para algumas espécies há múltiplas variedades como no caso do gênero *Curcuma longa*, que tem aproximadamente 70 variedades na Índia (AKTER *et al.*, 2019).

A composição química do turmérico é bastante variada, aproximadamente 235 compostos fenólicos e terpenoides já foram identificados de diferentes espécies da cúrcuma (TANVIR *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2018), sendo eles os terpenos voláteis, presentes no óleo de diferentes partes do vegetal, e os curcuminoides, componentes da fração não-volátil, que representam a maior parte dos componentes. Entre os curcuminoides, a curcumina se destaca em relação a quantidade de 2 a 8,1% do peso seco dos rizomas, já a desmetoxicurcumina, bisdesmetoxicurcumina (Figura 5) e outros curcuminoides estão presentes em quantidades menores (AKBAR; KHAN; ALI, 2018; SUETH-SANTIAGO *et al.*, 2015; BAGCHI, 2012; PÉRET-ALMEIDA *et al.*, 2008; SANTOS-SANCHEZ *et al.*, 2017).

Figura 5 - Componentes químicos de *C. longa*. (1) curcumina; (2) desmetoxicurcumina; (3) bisdesmetoxicurcumina.



Fonte: ANVISA (2015)

A cúrcuma apresenta uma composição química variada dependendo da parte da planta avaliada, da variedade das subespécies e do local de cultivo. Lim *et al.* (2011) avaliaram a composição química do rizoma em pó de cúrcumas (*Curcuma longa* L.) cultivadas no sul da Coreia e observaram 76,39% de extrato de nitrogênio livre, 14,85% de umidade, 2,85% de proteína, 2,60% de fibras, 1,84% de cinzas e 1,48% de lipídios. Restrepo-Osorio *et al.* (2020) e Mushtaq *et al.* (2019) também

identificaram valores elevados de carboidratos (superiores a 70%) e Álvares *et al.* (2015) relacionam o alto teor de cinzas da cúrcuma (2 – 9%) aos níveis elevados dos minerais potássio, fósforo e cálcio. A composição química em matéria seca de folhas *in natura* de *Curcuma longa L.*, produzidas pela Cooperativa de Produtores de Açafrão de Goiás – Brasil, foi de 6,52% de umidade, 2,47% de lipídios, 13,8% de cinzas, 39,5% de proteínas e de 44,7% de carboidratos, possuindo fibras solúveis (11,8%) e totais (34,55%) e valor energético de 359,2 Kcal/100g de matéria seca (BRAGA; VIEIRA; DE OLIVEIRA, 2018).

A curcumina é insolúvel em água e solúvel em óleos e gorduras, estável ao calor, possui cheiro forte e sabor picante, o que possibilita o seu uso como corante e condimento (SANTOS-SANCHEZ *et al.*, 2017), sendo este composto responsável por sua cor amarela (KARIMI *et al.*, 2018) e em razão da sua alta intensidade de cor, pequenas quantidades são suficientes para colorir o produto.

Sueth-Santiago *et al.* (2015) relataram que até a conclusão de seu trabalho, nenhum estudo realizado com homens ou animais havia identificado toxicidade com relação ao uso da curcumina, mesmo quando consumida em até 12 g ao dia. No entanto, Hewlings e Kalman (2017), identificaram alguns sintomas como náusea, dor de cabeça e diarreia após a ingestão de 0,45 – 12 g por dia de curcumina.

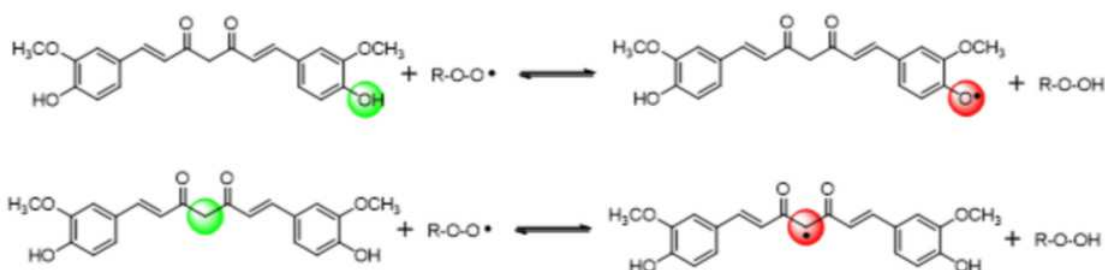
A baixa solubilidade da curcumina em água faz com que ela seja pouco absorvida, além de sofrer ação do metabolismo hepático, resultando em uma baixa biodisponibilidade para a utilização clínica. No entanto, este composto é solúvel em solução aquosa básica, aumentando assim a densidade de elétrons da curcumina (SUETH-SANTIAGO *et al.*, 2015). Existem componentes que podem melhorar essa biodisponibilidade, como a piperina, principal componente ativo da pimenta preta (SHOBA *et al.*, 1998).

Estudos vêm demonstrando o potencial da cúrcuma para uso como antioxidante na indústria alimentícia, devido à natureza fenólica da curcumina (PÉRET-ALMEIDA *et al.*, 2008; BAGCHI, 2012; PANPATIL *et al.*, 2013; SUETH-SANTIAGO *et al.*, 2015; AKBAR; KHAN; ALI, 2018; GUERRA *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2020).

Como antioxidante, a curcumina atua eliminando espécies reativas de oxigênio, como radicais hidroxila, ânions superóxido e oxigênio singlete que causam danos às células e estão relacionadas à oxidação lipídica (BAGCHI, 2012). Segundo Sueth-Santiago *et al.* (2015), duas subunidades estruturais: o metileno adjacente às

carbonilas e as hidroxilas fenólicas (Figura 6), estão relacionadas à doação do hidrogênio radicalar, que reage com espécies ativas de oxigênio e neutraliza possíveis danos celulares. A curcumina é um antioxidante fenólico clássico, que doa hidrogênios dos grupos fenólicos, sendo altamente eficaz na neutralização de radicais livres (BREWER, 2011) e com a capacidade de quebrar reações em cadeia por sua estrutura conjugada (MANCINI; PREZIUSO; PACI, 2016). Curcuminóides diminuem a peroxidação lipídica através da conservação em altos níveis da atividade antioxidante de enzimas superóxido dismutase, catalase e glutathiona peroxidase (SANTOS-SANCHEZ *et al.*, 2017).

Figura 6 - Principais propostas para o mecanismo antioxidante da curcumina, envolvendo a doação do hidrogênio radicalar.



Fonte: Sueth-Santiago *et al.* (2015)

As espécies *Curcuma longa* (variedade RD e Okinawa ukon), *C. xantorriza*, *C. Aromatica*, *C. amamda* e *C. zeadoria* foram estudadas quanto aos componentes fenólicos e flavonoides. A espécie RD apresentou os maiores valores de conteúdo fenólico e flavonoides, 157,4 e 1089,5 mg de ácido gálico equivalente (GAE) g⁻¹ de extrato respectivamente, e a espécie de *C. zeadoria* foi a que continha os menores valores 43,7 e 15,3 mg GAE g⁻¹ de extrato. Foram isolados nove compostos ativos da *Curcuma longa* (RD), sendo que quatro destes compostos (entre eles a demetoxicurcumina e a curcumina) apresentaram atividade antioxidante, avaliada pelo método DPPH, maior que o Trolox (AKTER *et al.*, 2019).

As propriedades antioxidantes de extratos das variedades *Kopil moni mura*, *Kopil moni chora*, *Chittagong mura* e *Chittagong chora* de cúrcuma da região de Bangladesh, utilizando-se diferentes solventes, foram avaliadas por Tanvir *et al.* (2017). As quantidades de compostos fenólicos variaram de 6,15 a 16,07 g GAE 100 g⁻¹ de amostra e de flavonoides variaram de 4,28 a 9,66 g equivalente de catequina

100 g⁻¹ de amostra quando utilizado solvente etanólico, valores maiores que os obtidos por extração com água: compostos fenólicos variando de 4,52 a 7,68 g GAE 100 g⁻¹ de amostra e flavonoides de 0,29 a 0,67 g catequina 100 g⁻¹ de amostra. Foram identificados taninos em todas as amostras, variando de 0,87 até 28,33 g equivalente de ácido tânico 100 g⁻¹ da amostra de cúrcuma. Verificou-se que a espécie Mura apresentou os melhores resultados para atividade antioxidante e conteúdo bioativo. Os resultados obtidos indicaram que a atividade de eliminação de radicais livres pelos métodos de DPPH e FRAP, pode ser atribuída ao alto teor de conteúdo fenólico, flavonoides e de taninos presentes na cúrcuma.

Seis variedades de *Curcuma longa* colhidas da fazenda experimental do Instituto Nacional de Pesquisas de Culturas de Raiz (Nigéria) foram estudadas por Chinedum *et al.* (2015) em relação a sua composição fitoquímica e capacidade antioxidante, na forma de extrato em acetona. Em relação a composição fitoquímica as amostras analisadas apresentaram variação do componente curcumina de 5,48 a 7,86%, de conteúdo fenólico entre 2 a 7,8%, de flavonoides entre 0,84 a 4,34% e antocianinas de 0,92 a 2,09%. A alta atividade antioxidante estudada pelo método DPPH, foi atribuída à amostra com maior conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides, indicando a cúrcuma como um potencial antioxidante.

Panpatil *et al.* (2013) estudaram o perfil antioxidante (DPPH) do açafraão da terra, alho e gengibre, comparando-os ao antioxidante vitamina C. A porcentagem de inibição do gengibre variou de 6 a 89% para as concentrações de 10 a 100 µg, no caso da cúrcuma, para as concentrações de 100 a 1000 µg/mL observou-se uma % de inibição de 43 a 91% e para o alho com concentrações de 100 a 1000 µg, a porcentagem de inibição variou na faixa de 41 a 91%.

Mortadelas preparadas com carnes suína e bovina e carne mecanicamente separada (CMS) de frango foram elaboradas com microcristais de curcumina (0,002%) e comparadas a uma formulação controle sem adição de antioxidantes e a uma outra formulação com antioxidante sintético (0,25%) durante o período de 90 dias em suas características físico-químicas e sensoriais. A análise sensorial mostrou boa aceitação para sabor, odor e textura do produto elaborado com a curcumina quando comparado aos demais tratamentos, e ao final de 90 dias de tratamento, o produto com microcristais de curcumina, apresentou valores de TBARS menores quando comparado às demais formulações do embutido. Os resultados apresentados indicaram que a adição de microcristais de curcumina pode prevenir a

oxidação lipídica em mortadelas (JÚNIOR *et al.*, 2019).

Hambúrgueres (cozidos e crus) preparados com carne de coelho, adicionados de cúrcuma em pó e ácido ascórbico, foram estudados por diferentes períodos de armazenamento e avaliados quanto a sua capacidade antioxidante (DPPH e FRAP) e oxidação lipídica (TBARS). O estudo concluiu que a adição de 3,5% de cúrcuma apresentou efeito antioxidante e controlou a oxidação lipídica melhor quando comparado ao do ácido ascórbico (0,1%), o que indica que a cúrcuma pode ser utilizada como antioxidante em hambúrgueres (MANCINI; PREZIUSO; PACI, 2016). Kilic, Oz e Oz (2021) utilizaram cúrcuma (0,5% e 1,0%) em almôndegas de carne de frango e encontraram resultados favoráveis para a prevenção da oxidação, avaliados pelo método TBARS.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA

A cúrcuma (*Curcuma longa L.*) utilizada no desenvolvimento desta pesquisa foi adquirida no comércio varejista da cidade de Londrina - PR.

Para o preparo do hambúrguer o peito de frango foi adquirido do mercado local. A CMS e a pele de frango foram doadas pelo frigorífico Granjeiro da região de Londrina – PR. O aditivo eritorbato de sódio utilizado foi doado pela empresa Duas Rodas.

Os demais ingredientes utilizados para fabricação dos hambúrgueres foram adquiridos do comércio varejista da cidade de Londrina - PR

4.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE CÚRCUMA

Os rizomas de cúrcuma foram selecionados, classificados e lavados em água corrente com hipoclorito de sódio 2 – 2,5%. Posteriormente, as raízes foram trituradas com a casca em processador de lâmina S (Multi Pro All in One 2, Philco, Brasil). Então, foram submetidas à secagem em uma estufa com circulação de ar (TE394/2, Tecnal, Brasil) a 50 °C por 7 horas. Em seguida, o material desidratado foi triturado novamente em moinho de bancada (modelo MDR 301, Cadence, Brasil) e peneirado em uma peneira de 24 mesh. A farinha de cúrcuma foi armazenada em embalagens plásticas e mantidas em local seco e arejado até serem analisadas.

4.3 ANÁLISE DE COR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA APROXIMADA DA FARINHA DE CÚRCUMA

A cor da farinha de cúrcuma foi avaliada utilizando o colorímetro Minolta CR400 com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Foram determinados os valores de L* (Luminosidade), a* (componente vermelho -verde), b* (componente amarelo - azul) pelo sistema CIELab.

A composição química foi realizada conforme metodologias descritas na A.O.A.C (2000). A umidade foi determinada por secagem a 105°C até peso constante, cinzas por incineração em mufla a 550°C; os lipídios foram extraídos em Soxhlet com éter de petróleo. O conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método de Microkjeldahl utilizando o fator de conversão em proteína de 6,25.

4.4 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA CÚRCUMA

A atividade antioxidante da farinha de cúrcuma foi avaliada empregando-se os métodos de DPPH, FRAP, compostos fenólicos totais e compostos flavonóides totais. Para isso, foi preparado extrato de cúrcuma, baseado nas metodologias descritas por Sepahpour *et al.* (2018) e Sulaiman *et al.*, (2011), com algumas modificações. A extração, foi realizada em triplicata, foram adicionados em 1,00 g de cúrcuma 20,00 mL de solução de acetona 80%. A mistura foi agitada a 150 rpm por 30 minutos (20 °C) em mesa agitadora (Marconi, MA 140/CFT, Brasil) e em seguida, o sobrenadante foi filtrado em papel filtro Whatman Nº 1. O precipitado restante foi novamente colocado sob agitação por 30 minutos com uma alíquota de 20,00 mL de solução de acetona 80%, o processo foi repetido mais uma vez, resultando em um volume final de extrato de 60,00 mL com concentração de 16,66 mg de cúrcuma mL

4.4.1 Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH

A capacidade antioxidante foi medida pelo método descrito por Sepahpour *et al.* (2018) e Sulaiman *et al.* (2011), usando o ensaio de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH). Uma alíquota de 100 µL do extrato (16,66 mg de cúrcuma mL⁻¹) foi misturada com 3,9 mL de solução DPPH metanólica 0,1 mmol L⁻¹, agitada vigorosamente e deixada em repouso no escuro por 30 minutos em temperatura ambiente. A absorvância da solução foi lida a 517 nm. Os resultados foram expressos como a porcentagem de inibição do radical DPPH, calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ inibição} = \frac{A \text{ controle} - A \text{ amostra}}{A \text{ controle}} \times 100$$

onde A controle corresponde a absorvância do DPPH sem o extrato, A amostra corresponde a absorvância do DPPH após a adição do extrato.

4.4.2 Determinação da atividade antioxidante pelo de redução de Ferro (FRAP)

O método utilizado foi o proposto por Sepahpour *et al.* (2018). Neste ensaio, o poder de redução ocorre através da redução de Fe³⁺ em Fe²⁺. Uma alíquota

de 0,8 mL da solução de extrato de cúrcuma diluído 10 vezes ($1,66 \text{ mg mL}^{-1}$) foi adicionada de 2,0 mL de tampão fosfato $20,0 \text{ mol L}^{-1}$ (pH 6,6) e 2,0 mL de solução de ferricianeto de potássio a 1% (m v^{-1}). Em seguida, a mistura foi incubada a 50°C em banho-maria por 30 min. Após a incubação, 2,00 mL de solução de ácido tricloroacético a 10,0% foram adicionados e a solução resultante foi centrifugada a 650 g por 10 minutos.

Uma alíquota de 1,00 mL do sobrenadante foi retirada e misturada com 1,00 mL de água destilada e $100,0 \text{ }\mu\text{L}$ de solução de cloreto férrico a 1,0% (m v^{-1}). A solução foi incubada no escuro, à temperatura ambiente, por 10 minutos e então a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Inglaterra) no comprimento de onda de 700 nm. A QE foi utilizada como padrão e os resultados foram expressos como miligrama de QE equivalente por grama de cúrcuma (mg QE g^{-1}).

4.4.3 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

O método empregado foi adaptado de Sepahpour *et al.* (2018), utilizando-se solução de acetona 80% (v v^{-1}) como solvente extrator. O extrato foi obtido na concentração de 16 mg mL^{-1} após agitação em mesa agitadora a 150 rpm por 30 min. Os compostos fenólicos totais foram determinados utilizando 0,5 mL de extrato de cúrcuma, 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu 0,9 N e 0,5 mL de carbonato de sódio 10% (m v^{-1}) e, incubados no escuro por 60 minutos à temperatura ambiente. Posteriormente, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 760 nm. O ácido gálico foi utilizado como padrão e os resultados foram expressos em miligrama de GAE por grama de amostra (mg GAE g^{-1}).

4.4.4 Determinação de Compostos Flavonoides

A determinação de compostos flavonoides totais foi realizada conforme metodologia descrita por Sepahpour *et al.* (2018). Uma alíquota de 0,5 mL de extrato ($0,8 \text{ mg mL}^{-1}$) foi dissolvida em 2,5 mL de água destilada, em seguida adicionou-se 150 μL de nitrito de sódio 5% (m v^{-1}). Após 5 min, 300 μL de cloreto de alumínio a 10% (m v^{-1}) foram adicionados e a mistura deixada em repouso por mais 5 min e então foi adicionado 1,0 mL de solução de NaOH 1 mol L^{-1} . A mistura foi diluída

em 0,55 mL de água destilada e agitada vigorosamente. A absorvância foi lida em 510 nm usando o espectrofotômetro. A quercetina foi utilizada como padrão nas concentrações 16 a 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Os resultados foram expressos como mg de quercetina equivalente (QE) por g de extrato em base úmida (mg QE g^{-1} base úmida).

4.5 ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES

Foram elaborados hambúrgueres de frango com adição de diferentes concentrações de farinha de cúrcuma: 0,00% (Controle), 0,25% ($\text{TC}_{0,25\%}$), 0,50% ($\text{TC}_{0,50\%}$) e 0,75% ($\text{TC}_{0,75\%}$), e uma formulação com adição de 0,25% de antioxidante sintético eritorbato de sódio (ES) (Tabela 1).

As diferentes concentrações de farinha de cúrcuma foram definidas a partir de testes preliminares, que indicaram que concentrações acima de 0,75% alteraram perceptivelmente a cor e sabor dos hambúrgueres.

Tabela 1 - Formulações dos hambúrgueres de frango crus com adição de eritorbato de sódio (ES) e com diferentes concentrações de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) seca em pó: Controle (0%), $\text{TC}_{0,25\%}$ (0,25%), $\text{TC}_{0,50\%}$ (0,50%) e $\text{TC}_{0,75\%}$ (0,75%).

Ingredientes (%)	Hambúrgueres				
	Controle	ES	$\text{TC}_{0,25\%}$	$\text{TC}_{0,50\%}$	$\text{TC}_{0,75\%}$
Peito de frango	61,10	60,84	60,84	60,60	60,40
Carne mecanicamente separada	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Gordura (pele de frango)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Proteína Isolada de Soja	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Água	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Sal	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Cebola em pó	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Alho em pó	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pimenta Branca	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Eritorbato de sódio	---	0,25	---	---	---
Cúrcuma	---	---	0,25	0,50	0,75
TOTAL	100	100	100	100	100

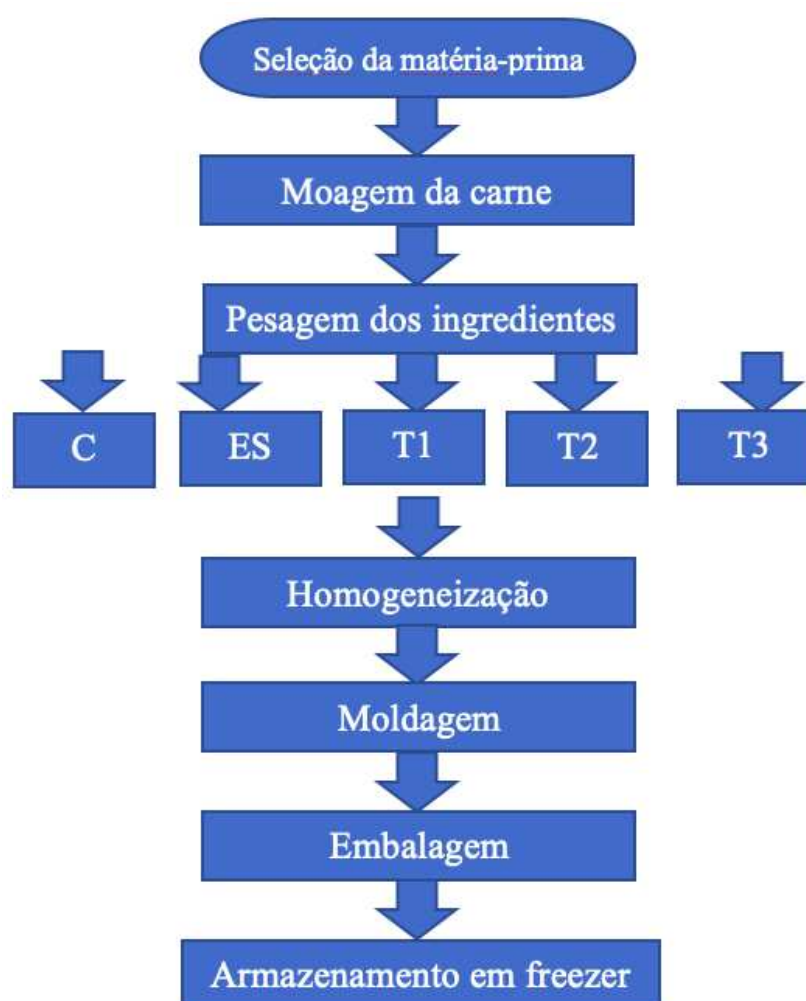
Fonte: o próprio autor.

Os hambúrgueres foram elaborados seguindo as determinações de

identidade e qualidade descritas na regulamentação brasileira nº20 (BRASIL, 2000), de acordo com as etapas descritas no fluxograma apresentado na Figura 7.

Para o início da produção, todos os ingredientes necessários foram pesados, de acordo com cada formulação. Primeiramente, a carne foi moída em disco de 8 mm e triturada em um processador de alimentos (Multi Pro All in One 2, Philco, Brasil) juntamente com a gordura animal, anteriormente deixada congelada para facilitar a homogeneização. Posteriormente, os ingredientes e aditivos foram adicionados à massa cárnea, misturados até homogeneização total e deixada em descanso por 5 minutos. Os hambúrgueres foram moldados em unidades de 90 g (\pm 10 g), transferidos para uma bandeja, envoltos com saco plástico e identificados com seus respectivos códigos. Após foram congelados e estocados à temperatura de - 18°C até as análises.

Figura 7 - Fluxograma do processo de elaboração do hambúrguer



Fonte: o próprio autor

4.6 ANÁLISE DOS HAMBÚRGUERES DE FRANGO

4.6.1 Composição Química Aproximada dos Hambúrgueres de Frango

A composição química aproximada dos hambúrgueres foi realizada conforme descrito no item 3.3.

4.6.2 Análise Físico-químicas dos Hambúrgueres de Frango

As análises físico-químicas foram realizadas nos tempos de 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a -18°C.

As medidas de pH dos hambúrgueres de frango foram realizadas na região lateral das amostras utilizando-se um potenciômetro equipado com eletrodo de inserção (Testo 205, Testo, Alemanha) devidamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0.

O rendimento foi avaliado após o cozimento dos hambúrgueres em panela elétrica a 215° C por 3 minutos de cada lado com a tampa aberta, e mais 3 minutos com a tampa fechada. As amostras foram pesadas antes e após o cozimento e o rendimento expresso em porcentagem de acordo com a equação abaixo:

$$\% \text{ rendimento} = 100\% - \left[\left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100\% \right]$$

Onde,

P_i = peso inicial da amostra

P_f = peso final da amostra após cozimento

A porcentagem de encolhimento foi determinada utilizando-se um paquímetro digital. O diâmetro das amostras foi medido antes e após o cozimento dos hambúrgueres e o resultado foi expresso em porcentagem de encolhimento calculado pela equação:

$$\% \text{ encolhimento} = \left(\frac{d_i - d_f}{d_i} \right) \times 100$$

Onde,

d_i = diâmetro inicial da amostra

d_f = diâmetro final da amostra

4.6.3 Análise de Cor

A cor dos hambúrgueres foi avaliada nos tempos de 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a -18°C . Para a análise da cor foi utilizado o colorímetro Minolta CR400 com iluminante D65 e ângulo de observação de 10° . Foram determinados os valores de L^* (Luminosidade), a^* (componente vermelho -verde), b^* (componente amarelo - azul) pelo sistema CIELab. A diferença total de cor (ΔE) foi calculada de acordo com a equação:

$$\Delta E = [(L^*_{t_0} - L^*_t)^2 + (a^*_{t_0} - a^*_t)^2 + (b^*_{t_0} - b^*_t)^2]^{1/2}$$

Onde t_0 indica o hambúrguer no tempo 1 logo após processamento e congelamento e t indica o hambúrguer nos tempos de 15, 30 e 45 dias de armazenamento.

4.6.4 Análise de Textura

A análise de perfil de textura (TPA) foi realizada em um texturômetro universal (TATX-2i), com probe cilíndrico (P35) conforme descrito por Bourne (1978), altura de 50 mm, velocidade de pré-teste de $5,0 \text{ cm min}^{-1}$, velocidade de teste de $20,0 \text{ cm min}^{-1}$, velocidade de pós-teste de 10 cm min^{-1} , distância de 0,70 cm e força de 0,98 N. Os hambúrgueres foram cortados em cubos de 1 cm^3 após a cocção conforme descrito no item 4.5.2. Foram avaliados os parâmetros de: dureza (N), elasticidade (mm), coesividade, mastigabilidade (N mm), e resiliência.

4.6.5 Análise de Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica dos hambúrgueres foi realizada durante 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a -18°C pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme descrito por Tarladgis, Pearson e Dugan (1964) com modificações. Neste procedimento, foram pesados 10,0 g de amostra e adicionados de 25,0 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5%. A seguir, os tubos foram

homogeneizados em turrax por 1 minuto e posteriormente centrifugados por 10 minutos a 6000 rpm a 20 °C e filtrados em papel filtro. Uma alíquota de 5,0 mL do filtrado foi adicionada a 5,0 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02 mol L⁻¹, e a mistura colocada em banho-maria fervente por 35 minutos. Após resfriadas, a leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, England) a 532 nm. Foi preparada uma curva padrão com 1,1,3,3-tetraetoxipropano em ácido sulfúrico 1,0% em concentração de 400 mmol L⁻¹ até 3600 mmol L⁻¹. Os resultados foram expressos em mg de MDA kg⁻¹ de amostra.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados utilizando o Programa *Statistica 7.0*, para análise dos resultados das formulações de hambúrgueres com concentrações crescentes de cúrcuma e a comparação das formulações de hambúrguer com cúrcuma e com antioxidante sintético foi utilizada análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram redigidos no formato de artigo científico, a ser submetido para publicação no periódico Food Science and Technology.

5.1 ARTIGO CIENTÍFICO –

Caracterização da farinha de cúrcuma e avaliação da atividade antioxidante em hambúrguer de frango

^AIsabela Dante Alves Negrão (Negrão, I. D. A.) – isadante.nutricionista@gmail.com,

^AAdriana Lourenço Soares (Soares, A. L.) – adri.soares@uel.br

^ADepartamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina. Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, Campus Universitário, CEP 86.057-970, Londrina – Paraná, Brasil.

Caracterização da farinha de cúrcuma e avaliação da atividade antioxidante em hambúrguer de frango

Isabela Dante Alves Negrão¹, Fernanda Jéssica Mendonça¹, Ana Clara Longhi Pavanello¹,
Adriana Lourenço Soares¹

¹ *Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina (UEL),
Londrina, Paraná, Brasil.*

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) em hambúrguer de frango como antioxidante natural. Foram elaborados hambúrgueres de frango com adição de farinha de cúrcuma nas concentrações de 0% (Controle), 0,25%, 0,50% e 0,75% e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (antioxidante sintético comercial). A farinha de cúrcuma alto teor de carboidratos (78,12g.100g⁻¹), elevados teores de compostos fenólicos totais (8,13 mg GAE g⁻¹) e flavonoides (29,68 mg QE g⁻¹), potencial atividade antioxidante, determinada pelos métodos de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil - DPPH (48,71% de inibição) e poder de redução do íon férrico -FRAP (9,11 mg QE g⁻¹). Não foram observadas alterações na composição química, pH e percentagem de encolhimento entre as formulações de hambúrguer. O hambúrguer com 0,75% de farinha de cúrcuma apresentou maior rendimento (91,27%) comparado às demais formulações. Em relação a cor, de maneira geral, a adição de cúrcuma ocasionou hambúrgueres de coloração mais escura, menos avermelhados e mais amarelados. Quanto ao perfil de textura não foram observadas diferenças significativas entre as formulações. Quanto a oxidação lipídica, os hambúrgueres elaborados com farinha de cúrcuma apresentaram estabilidade oxidativa semelhante (p>0,05) ao hambúrguer elaborado com eritorbato de sódio, sendo significativamente diferentes (p<0,05)

do hambúrguer controle, em todos os tempos de armazenamento. A cúrcuma atuou como um potente antioxidante natural, prevenindo a oxidação lipídica na mesma intensidade que o antioxidante sintético eritorbato de sódio, demonstrando potencial aplicação.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, cor, oxidação lipídica, perfil de textura

1. Introdução

As características sensoriais do hambúrguer, juntamente com a conveniência no preparo, fazem dele um produto cárneo de elevado hábito alimentar, porém sua composição rica em lipídios e a moagem da carne em seu processo de fabricação, tornam-no suscetível à oxidação lipídica, ocasionando o aparecimento de odores e aromas indesejáveis, a perda do valor nutricional e a formação de substâncias potencialmente tóxicas (Reddy et al., 2018; Ribeiro et al., 2019).

Visando retardar os processos oxidativos e aumentar a vida útil dos alimentos processados, a indústria utiliza substâncias antioxidantes, principalmente sintéticas (Guerra et al., 2019), que tem sido associada às desordens gastrointestinais, alergias alimentares e efeito carcinogênico (Oliveira et al., 2013). Em meio às críticas aos antioxidantes sintéticos e a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis, o uso de antioxidantes de origem natural em substituição aos sintéticos vem sendo estudado (Ribeiro et al., 2019). Assim, extratos naturais e farinhas de ervas, frutas e condimentos, como folha de oliveira, orégano, manjerição, alecrim e alho; farinha de linhaça, bagaço de romã (Zhang, Wu & Guo, 2016; Sharma & Yadav, 2020) e farinha de cúrcuma (Mancini et al., 2015; Mancini et al., 2016; Carvalho et al., 2020; Kilic et al., 2021) vem sendo estudados em diferentes matrizes alimentares como pães (Lim et al., 2011) e produtos cárneos (Fernandes et al., 2016; Cócaro et al., 2019; Patriani et al., 2021).

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.), popularmente conhecida como açafrão-da-terra, é um arbusto nativo do sul da África pertencente à família Zingiberaceae e é amplamente utilizada

na Índia e na culinária mundial, devido ao seu sabor, coloração e a suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (Hewlings & Kalman, 2017). O rizoma da cúrcuma, para fins de conservação, é desidratado e moído na forma de pó, que é rico em carboidratos e compostos fenólicos, como a curcumina, que atua eliminando espécies ativas de oxigênio, como radicais hidroxila, ânions superóxido e oxigênio singlete que causam danos às células e estão relacionadas à oxidação lipídica (Lim et al., 2011; Bagchi, 2012; Sueth-Santiago et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar a farinha de cúrcuma e avaliar o efeito de sua adição em diferentes concentrações em hambúrgueres de frango.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização e obtenção da farinha de cúrcuma

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) utilizada na elaboração da farinha foi adquirida no comércio local da cidade de Londrina- PR. Para obtenção da farinha de cúrcuma, os rizomas foram selecionados, classificados e lavados em água corrente após higienização com solução hipoclorito de sódio 2,5%. Posteriormente, as raízes foram trituradas com a casca em um processador de alimentos (Multi Pro All in One 2, Philco, Brasil) e então submetidas à secagem em uma estufa com circulação de ar (TE394/2, Tecnal, Brasil) a 50 °C por 7 horas.

Após seco, o material desidratado foi triturado novamente em moinho de bancada (MDR 301, Cadence, Brasil) e peneirado em uma peneira de 24 mesh. A farinha de cúrcuma obtida foi armazenada em embalagens plásticas e mantidas em local seco e arejado até o momento das análises.

2.2 Análise de cor e Composição química aproximada da farinha de cúrcuma

A cor da farinha de cúrcuma foi avaliada utilizando o colorímetro Minolta CR400 e foram determinados os valores de L* (Luminosidade), a* (componente vermelho -verde), b* (componente amarelo - azul) pelo sistema CIELab.

A composição química aproximada foi realizada conforme metodologias descritas na A.O.A.C (2000). A umidade foi determinada por secagem em estufa (ASL 102, Solab, Brasil) a 105°C até peso constante, as cinzas por incineração em mufla (Q318M25T, Quimis, Brasil) a 550°C, os lipídios por extração em Soxhlet com éter de petróleo; e conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método de Microkjeldahl utilizando o fator de conversão em proteína de 6,25. O teor de carboidratos foi calculado por diferença.

2.3 Avaliação da atividade antioxidante da farinha de cúrcuma

2.3.1 Obtenção dos extratos

Para avaliação da atividade antioxidante da farinha de cúrcuma foram preparados extratos de cúrcuma em triplicata, baseando-se nas metodologias descritas por Sulaiman *et al.* (2011) e Sepahpour *et al.* (2018), com modificações. Foram adicionados em 1,00 g de cúrcuma 20,00 mL de solução de acetona 80%, a mistura foi agitada a 150 rpm por 30 minutos (20°C) em mesa agitadora (MA 140/CFT, Marconi, Brasil) e em seguida, o sobrenadante foi filtrado em papel filtro Whatman N° 1. O sólido restante foi colocado sob agitação por 30 minutos com uma alíquota de 20,00 mL de solução de acetona 80% com posterior agitação por 30 minutos. O processo de filtração e agitação com solução de acetona foi repetido novamente, resultando em um volume final de extrato de 60,00 mL com concentração de 16,66 mg de cúrcuma mL⁻¹.

2.3.2 Atividade antioxidante e a determinação de compostos fenólicos e flavonóides da farinha de cúrcuma

A determinação da capacidade antioxidante pelo método de DPPH foi realizada conforme Sepahpour et al. (2018) e Sulaiman et al. (2011), com adaptações (0,1 mL do extrato na concentração de 8,33 mg mL⁻¹ foi misturada com 3,9 mL de solução de DPPH 0,1 mmol L⁻¹ preparada em metanol, agitada e deixada em repouso no escuro por 30 min./ temperatura ambiente). Os resultados foram expressos como a porcentagem de inibição.

A determinação da atividade antioxidante pelo método de redução do íon férrico (FRAP) foi realizada como proposto por Sepahpour et al. (2018). A quercetina (QE) foi utilizada como padrão e os resultados foram expressos como miligrama de QE equivalente por grama de cúrcuma (mg QE g⁻¹).

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com o método adaptado de Sepahpour et al. (2018). O ácido gálico (GAE) foi utilizado como padrão e os resultados foram expressos em miligrama de GAE equivalente por grama de cúrcuma (mg GAE g⁻¹).

A determinação de compostos flavonoides totais foi realizada conforme Sepahpour et al. (2018). A QE foi utilizada como padrão nas concentrações de 16 a 400 µg mL⁻¹. Os resultados foram expressos como mg equivalente de QE por g de cúrcuma (mg QE g⁻¹).

2.4 Elaboração e avaliação dos hambúrgueres de frango

2.4.1 Elaboração dos hambúrgueres de frango

Foram elaboradas formulações de hambúrguer de frango com adição de diferentes concentrações de farinha de cúrcuma: 0,00% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}), e uma formulação com adição de 0,25% de antioxidante sintético eritorbato de sódio (ES).

Inicialmente o peito de frango (60%) foi triturado em um processador de alimentos (Multi Pro All in One 2, Philco, Brasil) juntamente com a pele de frango (15%). Posteriormente, a CMS (15%) e os demais ingredientes (proteína isolada de soja 7,8%, água 10%, sal 1,7%, cebola em pó 0,06%, alho em pó 0,20%, pimenta branca 0,15%) foram adicionados à massa cárnea, até homogeneização total. Os hambúrgueres foram moldados em unidades de 90g (± 10 g), transferidos para uma bandeja, envoltos com saco plástico e identificados com seus respectivos códigos. As amostras foram congeladas à temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises.

2.4.2 Análises físico-químicas e composição aproximada dos hambúrgueres

A composição química aproximada ($n=3$) foi realizada conforme descrito no item 2.2.

O rendimento dos hambúrgueres de frango ($n=3$) foi avaliado após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a análise, as amostras foram pesadas antes e após cocção em panela elétrica a $215\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 minutos de cada lado com a tampa aberta, e mais 3 minutos com a tampa fechada. O rendimento foi expresso em porcentagem de acordo com a equação: $\% \text{ rendimento} = 100\% - \left[\left(\frac{P_i - P_f}{P_f} \right) \times 100\% \right]$, sendo P_i = peso inicial da amostra e P_f = peso final da amostra após cozimento.

O encolhimento dos hambúrgueres de frango ($n=3$) foi avaliado após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, e foi determinado utilizando um paquímetro digital. O diâmetro das amostras foi medido antes e após a cocção, realizada conforme análise de rendimento. O resultado foi expresso em porcentagem de encolhimento calculado pela equação: $\% \text{ encolhimento} = \left(\frac{d_i - d_f}{d_i} \right) \times 100\%$, sendo d_i = diâmetro inicial e d_f = diâmetro final.

Os parâmetros de cor foram determinados ($n=9$) utilizando um colorímetro Minolta CR400 (Konica Minolta, Japão) com iluminante D65 e ângulo de observação de 10° . As leituras de cor dos hambúrgueres foram realizadas após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Foram determinados os valores de L^* (Luminosidade), a^* (componente vermelho-verde), b^* (componente amarelo-azul) pelo sistema CIELab. A diferença total de cor (ΔE) foi calculada de acordo com a equação: $\Delta E = [(L^*_{t_0} - L^*_t)^2 + (a^*_{t_0} - a^*_t)^2 + (b^*_{t_0} - b^*_t)^2]^{1/2}$, onde t_0 indica o hambúrguer no tempo 1 logo após processamento e congelamento e t indica o hambúrguer nos tempos de 15, 30 e 45 dias de armazenamento.

As medidas de pH dos hambúrgueres de frango ($n=3$) foram realizadas na região lateral das amostras utilizando-se um potenciômetro equipado com eletrodo de inserção (Testo 205, Testo, Alemanha).

A análise de perfil de textura (TPA) foi realizada ($n=6$) em um texturômetro universal (Analisador TA.XTplus, Stable Micro Systems, Reino Unido), com probe cilíndrico (P35) conforme descrito por Bourne (1978). Os parâmetros empregados foram altura de 50 mm, velocidade de pré-teste de $5,0 \text{ cm min}^{-1}$, velocidade de teste de $20,0 \text{ cm min}^{-1}$, velocidade de pós-teste de 10 cm min^{-1} , distância de 0,70 cm e força de 0,98 N. Os hambúrgueres foram cortados em cubos de 1 cm^3 após a cocção em panela elétrica, realizada conforme análise de rendimento. Os parâmetros avaliados foram: dureza (N), elasticidade (mm), coesividade, mastigabilidade (N mm), e resiliência.

2.4.3 Avaliação da Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica dos hambúrgueres ($n=4$) foi avaliada nos hambúrgueres após 1, 15, 30 e 45 dias de armazenamento a -18° C pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) conforme descrito por Tarladgis et al. (1960). Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído (MDA) kg^{-1} de amostra.

2.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando o Programa *Statistica 7.0* for Windows, através de análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

3.1 Composição química aproximada, compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante da cúrcuma

A farinha de cúrcuma apresentou teor de carboidratos de $78,12\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (Tabela 1) sendo este o principal componente de sua matriz, resultados semelhantes foram descritos por outros autores, com valores entre 70 a 76,39% (Lim et al. 2011; Mushtaq et al., 2019; Restrepo-Osorio et al. 2020). Os valores de cinzas, proteínas e lipídios foram de 5,48, 5,20 e $1,22\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. A umidade de $9,98\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ permite que o pó obtido seja caracterizado como farinha, atendendo a legislação vigente que exige valor máximo de 15% (Brasil, 2005).

Os teores de compostos fenólicos totais (Tabela 1) determinados pelo método de Folin-Ciocalteu nos extratos de cúrcuma ($8,13\text{mg GAE g}^{-1}$) foram semelhantes aos valores encontrados por Soares et al. (2021) de $8,67\text{mg GAE g}^{-1}$ e por Sulaiman et al. (2011) com $7,9\text{mg GAE g}^{-1}$, que também utilizaram acetona como solvente extrator. O solvente empregado é um fator importante por causa das características estruturais dos principais compostos fenólicos da cúrcuma, como a curcumina, componente apolar, pouco solúvel em água de natureza hidrofóbica (Jiang et al., 2021).

A farinha de cúrcuma apresentou concentração de $29,68\text{mg QE g}^{-1}$ de compostos flavonóides totais (Tabela 1), valor superior ao obtidos por Ali et al. (2021) de $4,30\text{mg QE g}^{-1}$, ao avaliarem o extrato de cúrcuma utilizando solução contendo 70% de etanol 70% e 0,1% de ácido fórmico.

Tabela 1 – Composição química aproximada, teor de compostos fenólicos totais, compostos flavonoides totais e atividade antioxidante determinada pelos métodos de eliminação do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) e de poder antioxidante de redução do íon ferro (FRAP) e cor (L*, a* e b*) da farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.)

Farinha de cúrcuma	
Análise	Média ± desvio padrão
Umidade (g.100g ⁻¹)	9,98 ± 0,21
Proteínas (g.100g ⁻¹)	5,20 ± 0,03
Lipídios (g.100g ⁻¹)	1,22 ± 0,78
Cinzas (g.100g ⁻¹)	5,48 ± 0,19
Carboidratos (g.100g ⁻¹)	78,12 ± 0,15
Compostos fenólicos totais (mg GAE g ⁻¹)	8,13 ± 1,12
Compostos flavonoides totais (mg QE g ⁻¹)	29,68 ± 0,83
FRAP (mg QE g ⁻¹)	9,11 ± 0,70
DPPH (% de inibição)	48,71 ± 3,57
L*	62,34 ± 0,86
a*	11,32 ± 0,31
b*	53,32 ± 1,13

A farinha de cúrcuma apresentou atividade antioxidante pelo método FRAP de 9,11 mg QE g⁻¹ de cúrcuma (Tabela 1), o que significa que cada grama de cúrcuma foi capaz de reduzir o íon ferroso (Fe²⁺) para íon férrico (Fe³⁺) semelhante a 9,11 mg de QE. Soares et al. (2021) encontraram valores semelhantes (10,09 mg QE g⁻¹) para cúrcuma orgânica comercial em pó, enquanto que Sepahpour et al. (2021) relataram valores superiores (85,0 mg QE g⁻¹) para extrato liofilizado ressuspendido, demonstrando que o processo de secagem a frio é essencial para preservação dos compostos antioxidantes.

A atividade antioxidante determinada pelo método de eliminação do radical DPPH da farinha de cúrcuma foi de 48,71% de inibição (Tabela 1), considerada satisfatória e sendo duas vezes maior que os valores obtidos por Soares et al. (2021) para cúrcuma (*Curcuma longa* L.) orgânica comercial em pó, seca convencionalmente. Possivelmente a obtenção da cúrcuma pelo

método de secagem em estufa a baixa temperatura (50 °C) preservou os compostos antioxidantes do material e conseqüentemente a capacidade antioxidante.

No ensaio de eliminação dos radicais livres pelo método de DPPH ocorre a transferência de um átomo de hidrogênio da molécula antioxidante para o radical de DPPH, mecanismo de reação preferencial da curcumina, composto fenólico presente em maior quantidade na cúrcuma (Sueth-Santiago et al., 2015), o que possivelmente explica a alta capacidade de inibição (48%) obtida para os extratos de cúrcuma neste estudo.

Em relação a coloração da farinha de cúrcuma observou-se que ela apresenta-se amarelada e mais escura o que provavelmente é devido a incorporação da casca na sua elaboração, uma vez que a casca apresenta a coloração marrom com presença de pontos mais escuros.

A farinha de cúrcuma apresentou composição química com maior teor de carboidratos e baixo teor de lipídios, alto teores de compostos fenólicos totais e elevada capacidade antioxidante justificando sua aplicação em hambúrgueres de frango como antioxidante natural.

3.2 Avaliação dos hambúrgueres de frango

Os hambúrgueres de frango cru apresentaram uma composição química aproximada adequada (Tabela 2), onde todas as formulações atenderam aos requisitos exigidos pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrgueres estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2000), com valores de gordura menores que 23%, valores de proteínas acima de 15% de proteína e valores de carboidratos totais abaixo de 3%.

Os teores de umidade, proteínas e cinzas não diferiram ($p > 0,05$) entre as formulações de hambúrgueres de frango elaboradas. Quanto ao teor de lipídios, a formulação TC_{0,50%} apresentou maior teor, seguida da formulação TC_{0,25%} que não diferiu das demais. A farinha de cúrcuma não é rica em lipídios, portanto esta alteração foi decorrente das variações intrínsecas

das matérias-primas utilizadas, principalmente a carne e gordura. Pires et al. (2017) ao estudarem hambúrgueres de frango com extrato de orégano e chá verde encontraram valores médios de 68,99% para umidade, 18,53% para proteína, 9,07% para lipídios e 2,21% para cinzas, resultados similares aos obtidos no nosso trabalho.

Tabela 2 – Composição química aproximada, pH de hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES).

Componente	Formulação de hambúrguer de frango				
	Controle	ES	TC _{0,25%}	TC _{0,50%}	TC _{0,75%}
Umidade (g.100g ⁻¹)	71,13 ^a ± 0,30	71,16 ^a ± 0,50	69,81 ^a ± 0,59	69,60 ^a ± 0,79	70,66 ^a ± 0,61
Proteínas (g.100g ⁻¹)	15,64 ^a ± 0,42	15,92 ^a ± 0,37	16,00 ^a ± 0,72	16,02 ^a ± 1,45	16,02 ^a ± 0,46
Lipídios (g.100g ⁻¹)	9,59 ^a ± 0,29	9,34 ^a ± 0,57	10,10 ^{ab} ± 0,85	10,98 ^b ± 0,70	9,53 ^a ± 0,72
Cinzas (g.100g ⁻¹)	2,69 ^a ± 0,01	2,71 ^a ± 0,06	2,74 ^a ± 0,14	2,80 ^a ± 0,05	2,78 ^a ± 0,04
Carboidratos (g.100g ⁻¹)	0,94 ^a ± 0,15	0,87 ^a ± 0,59	1,35 ^a ± 0,42	1,34 ^a ± 1,97	1,01 ^a ± 0,20
pH	6,10 ^a ± 0,05	6,07 ^a ± 0,04	6,00 ^a ± 0,09	6,04 ^a ± 0,05	6,11 ^a ± 0,03

Valores expressos em média ± desvio padrão ($n=3$)

a-b Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Em relação ao pH, não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre todas as formulações de hambúrgueres e os valores variaram entre 6,00 e 6,11 (Tabela 2). Resultados similares foram obtidos por Kilic et al. (2021) para almôndegas de frango sem e com adição de cúrcuma e por Patriani et al. (2021), que utilizaram manjericão em pó na elaboração de almondegas de frango e encontraram valores similares (6,16 – 6,28).

Em relação ao rendimento dos hambúrgueres (Tabela 3) observa-se que no 1º dia, a formulação Controle apresentou menor rendimento ($p < 0,05$), enquanto as formulações ES e a TC_{0,50%} obtiveram os maiores valores. Nos períodos de 15, 30 e 45 dias, a formulação TC_{0,75%} apresentou valores de rendimento maiores ou iguais às demais formulações, sendo que a formulação Controle apresentou rendimentos inferiores ($p < 0,05$). A adição de farinha de cúrcuma aumentou o rendimento, provavelmente devido a composição da farinha como elevado teor de carboidratos ($78,12\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), é possível que especialmente as fibras solúveis da farinha tenham contribuído para a maior estabilidade da massa final do hambúrguer e manutenção da água em sua matriz, o que é atribuído a capacidade de formação de gel das fibras (Cocaró et al., 2019).

Em relação a influência do tempo de armazenamento, observa-se que em 30 dias houve redução de rendimento para todas as formulações, exceto para TC_{0,75%}, quando comparado aos dois períodos iniciais (1 e 15 dias). Essa redução, porém, não foi novamente observada após 45 dias. Destaca-se que a única formulação que não apresentou variação de rendimento durante o armazenamento foi TC_{0,75%}, corroborando a hipótese de que as fibras solúveis presentes na farinha de cúrcuma proporcionaram maior estabilidade para os hambúrgueres.

Os resultados de percentagem de encolhimento dos hambúrgueres, após cocção em panela elétrica a 215 °C (Tabela 3), mostraram que não houve diferença ($p > 0,05$) entre todas as formulações e entre todos os tempos de armazenamento, exceto para a formulação Controle que apresentou um encolhimento maior no período de 30 dias.

Tabela 3 – Porcentagem de rendimento e de encolhimento de hambúrgueres de frango após cocção a 215 °C elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e

0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES).

Formulação de hambúrguer de frango						
Análise	Período (dias)	Controle	ES	TC _{0,25%}	TC _{0,50%}	TC _{0,75%}
Rendimento (%)	1	83,61 ^{dA} ± 0,45	88,92 ^{abA} ± 0,67	86,81 ^{cA} ± 0,41	89,45 ^{aA} ± 0,52	87,47 ^{bcA} ± 0,48
	15	83,66 ^{bA} ± 0,98	84,39 ^{bB} ± 0,50	86,63 ^{abA} ± 0,66	88,26 ^{aAB} ± 0,81	86,02 ^{abA} ± 1,43
	30	73,80 ^{bB} ± 0,58	74,92 ^{abC} ± 0,80	78,11 ^{abC} ± 1,41	79,81 ^{abC} ± 1,07	84,34 ^{aA} ± 7,01
	45	83,89 ^{bcA} ± 0,72	82,87 ^{cB} ± 1,16	82,13 ^{cB} ± 0,32	87,11 ^{bB} ± 0,23	91,27 ^{aA} ± 0,72
Encolhimento (%)	1	12,92 ^{aA} ± 0,84	13,35 ^{aA} ± 0,97	13,53 ^{aA} ± 1,86	13,06 ^{aA} ± 1,07	11,35 ^{aA} ± 0,82
	15	13,93 ^{aA} ± 0,30	13,06 ^{aA} ± 1,15	13,46 ^{aA} ± 1,93	12,84 ^{aA} ± 1,18	13,20 ^{aA} ± 0,86
	30	15,97 ^{aB} ± 0,42	15,74 ^{aA} ± 0,94	15,99 ^{aA} ± 1,39	15,16 ^{aA} ± 0,50	13,10 ^{aA} ± 2,79
	45	13,31 ^{aA} ± 0,99	13,30 ^{aA} ± 1,41	14,87 ^{aA} ± 1,08	14,64 ^{aA} ± 1,03	11,35 ^{aA} ± 0,57

Valores expressos em média ± desvio padrão ($n=3$)

a-c Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A-C Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

No tempo de 1 dia, observou-se que a formulação TC_{0,75%} apresentou-se mais escura que a formulação ES, não diferindo do controle e das outras formulações adicionadas de farinha de cúrcuma (Tabela 4). Mancini et al. (2015) ao avaliarem hambúrgueres de coelho com adição de 3,5% de cúrcuma, encontraram valores similares de L* (54,15), Karpínska-Tymoszczyk e Draszanowska (2019) também obtiveram valores similares de L* (59,21) para almôndegas de frango elaboradas com antioxidante eritorbato de sódio. Aos 15 dias de armazenamento, a formulação TC_{0,50%} apresentou-se mais clara que as formulações Controle e ES, não diferindo das demais. No tempo de 30 dias, as formulações mais escuras foram as com adição de cúrcuma. Na avaliação aos 45 dias, observou-se que todas as amostras, exceto Controle apresentaram L*

em torno de 54 e não diferiram entre si ($p>0,05$). De maneira geral, a adição de farinha de cúrcuma contribuiu para o escurecimento dos hambúrgueres, provavelmente devido a coloração da própria farinha (Tabela 1).

Para o parâmetro a^* , observou-se que as formulações elaboradas com a farinha de cúrcuma $TC_{0,25\%}$, $TC_{0,50\%}$ e $TC_{0,75\%}$ apresentaram resultados menores ($p<0,05$) quando comparadas às formulações Controle e ES em todos os tempos analisados, indicando uma coloração menos avermelhada das amostras. Resultados semelhantes foram encontrados por Kilic et al. (2021) que avaliaram almôndegas de frango cruas com adição de 0,5% de cúrcuma. O menor valor de a^* observado para os hambúrgueres adicionados da farinha de cúrcuma deve-se a coloração da farinha que apresenta baixo valor de a^* .

Os valores do parâmetro b^* das formulações foram maiores ($p<0,05$) para os hambúrgueres adicionados de cúrcuma $TC_{0,25\%}$, $TC_{0,50\%}$ e $TC_{0,75\%}$, que apresentaram valores de 20,24, 22,18 e 22,94, respectivamente, caracterizando-se como produtos mais amarelados, quando comparados com as formulações Controle e ES (11,8 e 13,65). Kilic et al. (2021) avaliaram almôndegas de frango cruas com adição de 1% de cúrcuma e obtiveram valores médios de b^* de 26,75. Ao longo do tempo de armazenamento, verificou-se que apenas a formulação $TC_{0,75\%}$ não variou.

Tabela 4 – Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% ($TC_{0,25\%}$), 0,50% ($TC_{0,50\%}$) e 0,75% ($TC_{0,75\%}$) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES). Durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias.

Parâmetro	Período (dias)	Formulação de hambúrguer de frango				
		Controle	ES	$TC_{0,25\%}$	$TC_{0,50\%}$	$TC_{0,75\%}$
L^*	1	57,30 ^{abA} ± 3,37	58,25 ^{aA} ± 1,18	57,07 ^{abA} ± 1,83	56,11 ^{abA} ± 1,88	54,51 ^{bA} ± 2,33
	15	56,12 ^{aA} ± 1,14	56,75 ^{aA} ± 1,85	55,23 ^{abAB} ± 1,83	53,60 ^{bB} ± 1,59	54,48 ^{abA} ± 2,60
	30	55,56 ^{abA} ± 1,66	56,31 ^{aA} ± 1,85	54,49 ^{bcB} ± 1,94	53,09 ^{cbB} ± 0,42	54,58 ^{bcA} ± 0,83

	45	57,44 ^{aA} ± 0,87	54,38 ^{bB} ± 1,65	54,21 ^{bB} ± 1,16	54,31 ^{bB} ± 0,64	54,64 ^{bA} ± 1,06
a*	1	6,14 ^{bA} ± 1,17	7,72 ^{aA} ± 1,09	5,33 ^{bcA} ± 0,84	4,18 ^{cdAB} ± 0,65	3,75 ^{dA} ± 0,97
	15	6,12 ^{bA} ± 0,42	7,41 ^{aA} ± 1,17	4,37 ^{cAB} ± 0,72	3,12 ^{cB} ± 0,38	4,06 ^{cA} ± 0,99
	30	5,48 ^{bA} ± 0,26	7,40 ^{aA} ± 0,48	4,83 ^{bcAB} ± 0,53	4,76 ^{bcA} ± 0,76	4,29 ^{cA} ± 0,99
	45	6,62 ^{aA} ± 1,07	6,71 ^{aA} ± 0,82	3,94 ^{bB} ± 1,27	3,96 ^{bAB} ± 0,90	3,92 ^{bA} ± 0,89
b*	1	11,84 ^{bA} ± 2,12	13,65 ^{bA} ± 1,44	20,24 ^{aA} ± 0,80	22,18 ^{aA} ± 2,96	22,94 ^{aA} ± 2,05
	15	11,30 ^{cA} ± 1,61	12,73 ^{cA} ± 0,94	17,16 ^{bB} ± 1,33	20,25 ^{aAB} ± 2,05	22,42 ^{aA} ± 2,24
	30	10,24 ^{cA} ± 1,64	12,84 ^{cA} ± 1,98	17,02 ^{bB} ± 1,99	19,46 ^{abAB} ± 2,94	21,95 ^{aA} ± 3,45
	45	11,65 ^{cA} ± 1,17	10,16 ^{cB} ± 2,19	15,47 ^{bB} ± 2,57	18,80 ^{aB} ± 2,09	21,00 ^{aA} ± 2,93

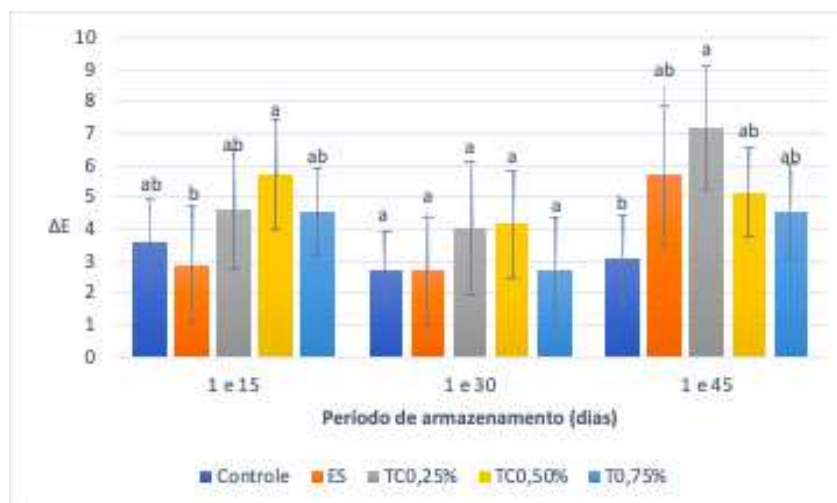
Valores expressos em média ± desvio padrão ($n=9$)

a-d Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de *Tukey* ($p<0,05$).

A-B Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de *Tukey* ($p<0,05$).

A Figura 1 apresenta a diferença total de cor ΔE dos hambúrgueres, foi possível observar que em todas as formulações o valor de ΔE foi maior que 2 que é considerada perceptível ao olho humano (Moarefian et al., 2013). Nos primeiros 15 dias, a ΔE para a formulação ES foi menor ($p<0,05$) que a formulação TC_{0,50%}, não diferindo das demais. No tempo de 30 dias, o valor de ΔE foi similar para todas as formulações. Aos 45 dias, a formulação Controle apresentou menor valor quando comparada com a formulação TC_{0,50%}, não diferindo das demais.

Figura 1 – Diferença Total de Cor (ΔE) dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias.



Valores expressos em média \pm desvio padrão ($n=9$)

a-c Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Os resultados de dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência obtidos na TPA para os hambúrgueres de frango após cocção a 215 °C estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Análise de perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres de frango após cocção a 215 °C elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias.

Parâmetro	Período (dias)	Controle	ES	TC _{0,25%}	TC _{0,50%}	TC _{0,75%}
Dureza (N)	1	12,40 ^{ab} \pm 1,77	10,39 ^{bcB} \pm 1,34	9,35 ^{cB} \pm 1,11	11,56 ^{abB} \pm 0,48	12,47 ^{aA} \pm 0,71
	15	15,62 ^{aA} \pm 2,33	11,14 ^{bcB} \pm 0,51	9,26 ^{cB} \pm 0,81	14,93 ^{aA} \pm 2,63	11,97 ^{bAB} \pm 0,65
	30	11,73 ^{bB} \pm 1,19	14,9a ^{aA} \pm 2,20	9,63 ^{cB} \pm 1,07	12,47 ^{bAB} \pm 1,42	11,12 ^{bcB} \pm 1,02
	45	11,59 ^{abB} \pm 0,84	12,04 ^{abB} \pm 1,66	11,69 ^{aA} \pm 1,31	12,47 ^{abB} \pm 2,31	10,06 ^{aC} \pm 0,62
Elasticidade (mm)	1	6,41 ^{aA} \pm 0,10	6,45 ^{aA} \pm 0,04	6,45 ^{aA} \pm 0,06	6,41 ^{aA} \pm 0,08	6,37 ^{aA} \pm 0,08
	15	6,39 ^{aA} \pm 0,06	6,46 ^{aA} \pm 0,03	6,41 ^{aA} \pm 0,09	6,38 ^{aA} \pm 0,09	6,41 ^{aA} \pm 0,06
	30	6,33 ^{aA} \pm 0,06	6,42 ^{aA} \pm 0,06	6,43 ^{aA} \pm 0,07	6,10 ^{bB} \pm 0,18	6,38 ^{aA} \pm 0,10
	45	6,38 ^{abA} \pm 0,08	6,45 ^{aA} \pm 0,04	6,41 ^{aA} \pm 0,08	6,27 ^{bAB} \pm 0,10	6,42 ^{aA} \pm 0,06
Coesividade	1	0,87 ^{dB} \pm 0,02	1,00 ^{aA} \pm 0,03	1,01 ^{aA} \pm 0,02	0,96 ^{bA} \pm 0,02	0,91 ^{cB} \pm 0,01
	15	0,89 ^{cB} \pm 0,01	0,97 ^{aA} \pm 0,02	0,95 ^{abB} \pm 0,05	0,88 ^{cB} \pm 0,03	0,92 ^{bcAB} \pm 0,01
	30	0,89 ^{abB} \pm 0,01	0,86 ^{bB} \pm 0,02	0,91 ^{aB} \pm 0,03	0,85 ^{bB} \pm 0,03	0,87 ^{abC} \pm 0,04

	45	0,95 ^{abA} ± 0,02	0,99 ^{aA} ± 0,03	0,92 ^{bB} ± 0,02	0,97 ^{abA} ± 0,05	0,95 ^{abA} ± 0,02
Mastigabilidade (N mm)	1	69,99 ^{aA} ± 3,41	62,96 ^{aA} ± 3,58	61,32 ^{aA} ± 8,40	70,93 ^{aA} ± 1,70	70,93 ^{aA} ± 5,59
	15	74,28 ^{aA} ± 10,09	69,84 ^{aA} ± 3,81	63,13 ^{aA} ± 4,38	73,75 ^{aA} ± 8,08	69,23 ^{aA} ± 3,93
	30	65,86 ^{aA} ± 3,04	75,78 ^{aA} ± 12,73	62,04 ^{aA} ± 2,92	69,71 ^{aA} ± 7,55	62,33 ^{aA} ± 1,82
	45	68,62 ^{aA} ± 5,29	67,27 ^{aA} ± 5,11	67,62 ^{aA} ± 6,50	70,56 ^{aA} ± 13,97	61,98 ^{aA} ± 2,86
	1	0,44 ^{bcA} ± 0,01	0,48 ^{aA} ± 0,02	0,45 ^{abcA} ± 0,03	0,46 ^{abA} ± 0,01	0,42 ^{cA} ± 0,02
Resiliência	15	0,43 ^{bA} ± 0,01	0,46 ^{aA} ± 0,01	0,43 ^{bAB} ± 0,02	0,42 ^{bB} ± 0,01	0,43 ^{bA} ± 0,02
	30	0,40 ^{bcB} ± 0,01	0,43 ^{aB} ± 0,02	0,41 ^{abB} ± 0,01	0,39 ^{cdC} ± 0,00	0,38 ^{dB} ± 0,01
	45	0,44 ^{abA} ± 0,01	0,45 ^{aAB} ± 0,02	0,42 ^{bAB} ± 0,01	0,45 ^{aA} ± 0,02	0,44 ^{abA} ± 0,01

Valores expressos em média ± desvio padrão ($n=6$)

a-d Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de *Tukey* ($p<0,05$).

A-C Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de *Tukey* ($p<0,05$).

Em relação ao parâmetro dureza, a formulação TC_{0,25%} mostrou-se a mais macia, que as demais do 1º ao 30º dia de armazenamento, porém, no 45º dia de armazenamento não houve diferença ($p>0,05$) entre todas as formulações. A formulação ES foi a segunda mais macia nos tempos de 1 e 15 dias.

A elasticidade dos hambúrgueres não diferiu entre as formulações até 30 dias de armazenamento, aos 45 dias a formulação TC_{0,50%} apresentou-se menos elástica que as demais.

A coesividade foi maior ($p<0,05$) nas formulações ES e TC_{0,25%} quando comparadas às demais, sendo os menores valores observados para as formulações TC_{0,75%} e Controle. Em relação ao parâmetro de mastigabilidade não houve diferença entre as formulações, demonstrando que a farinha de cúrcuma não alterou este importante parâmetro de textura. Sharma & Yadav (2020) observaram aumentos nos valores de mastigabilidade para os hambúrgueres tratados com pó do bagaço de romã.

A maior resiliência foi observada para a formulação ES durante todo o período de armazenamento. As amostras TC_{0,25%} e TC_{0,75%} mostraram-se semelhantes à formulação Controle. Durante o período de armazenamento, foi possível verificar algumas alterações, no entanto aos 45 dias todas as formulações apresentaram valores semelhantes de resiliência.

Diferindo do observado por Carvalho et al. (2020), que verificaram aumento da dureza, elasticidade e mastigabilidade após 18 dias de armazenamento em salsichas de cordeiro com adição de extrato de cúrcuma.

Tabela 6 – Valores de oxidação lipídica (mg de malonaldeído kg⁻¹ de amostra) dos hambúrgueres de frango crus elaborados com adição de 0% (Controle), 0,25% (TC_{0,25%}), 0,50% (TC_{0,50%}) e 0,75% (TC_{0,75%}) de farinha de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e com adição de 0,25% de eritorbato de sódio (ES), durante armazenamento a -18°C por 1, 15, 30 e 45 dias.

Período (dias)	Controle	ES	TC _{0,25%}	TC _{0,50%}	T _{0,75%}
1	0,47 ^{aB} ± 0,02	0,27 ^{bB} ± 0,01	0,27 ^{bA} ± 0,03	0,23 ^{bcB} ± 0,02	0,21 ^{cC} ± 0,03
15	0,51 ^{aB} ± 0,20	0,28 ^{aB} ± 0,05	0,40 ^{aA} ± 0,09	0,42 ^{aAB} ± 0,05	0,35 ^{aAB} ± 0,01
30	2,52 ^{aA} ± 0,17	0,38 ^{bA} ± 0,07	0,48 ^{bA} ± 0,04	0,45 ^{bAB} ± 0,06	0,36 ^{bA} ± 0,05
45	1,27 ^{aB} ± 0,64	0,33 ^{bAB} ± 0,01	0,62 ^{abA} ± 0,34	0,59 ^{abA} ± 0,28	0,28 ^{bB} ± 0,01

Valores expressos em média ± desvio padrão ($n=4$)

a-c Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A-B Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Em relação a oxidação lipídica, observa-se que a formulação Controle apresentou-se mais oxidada que as demais formulações nos tempos de 1, 30 e 45 dias (Tabela 6), confirmando a importância do uso de antioxidantes na elaboração de hambúrgueres. No primeiro dia de armazenamento, a formulação ES não diferiu das formulações com adição de 0,25% e 0,50% de farinha de cúrcuma, estas apresentaram valores de TBARS aproximadamente 1,9 vezes menor que a formulação Controle e a formulação com adição de 0,75% de farinha de cúrcuma apresentou menor valor de oxidação lipídica sendo mais que 2 vezes menor que a formulação Controle. Aos 15 dias de armazenamento não foram observadas diferenças entre todas as formulações para os valores de TBARS, provavelmente devido ao grande desvio-padrão obtido

para a formulação Controle. Aos 30 dias de armazenamento, a formulação Controle apresentou-se 6 vezes mais oxidada que as formulações ES e com adição de cúrcuma, demonstrando que a cúrcuma atuou como antioxidante de forma semelhante ao eritorbato de sódio. Aos 54 dias de armazenamento, as formulações ES e TC_{0,75%} não diferiram entre si e apresentaram menores valores de TBARS quando comparadas com as demais formulações. Mancini et al. (2016) também verificaram menores valores de TBARS para hambúrgueres de coelho cozidos com adição de 3,5% de cúrcuma (0,13 mg kg⁻¹ de amostra) e com adição de 0,1% de ácido ascórbico (0,18 mg kg⁻¹ de amostra) quando ao controle (0,30 mg kg⁻¹ de amostra). Kilic et al. (2021), que encontraram valores de 0,17 e 0,24 mg de MDA kg⁻¹ para almôndegas de frango com adição de 0,5% e 1,0% de cúrcuma, respectivamente em comparação a 0,39 mg de MDA kg⁻¹ para amostras controle.

Avaliando o tempo de armazenamento, observou-se que os valores de TBARS aumentaram até 30 dias em todas as formulações, demonstrando que neste tempo ocorreu o pico máximo de formação de MDA, após este período há decomposição deste composto levando a diminuição dos valores de oxidação (Channon & Trout, 2002). Destaca-se ainda que nos tempos de 30 e 45 dias de armazenamento, a formulação controle apresentou valores de TBARS maiores que o limiar de detecção humano, tornando o sabor e aroma de ranço perceptível aos consumidores.

Os resultados de oxidação lipídica durante o armazenamento sugerem que a farinha de cúrcuma possui atividade antioxidante semelhante ao eritorbato de sódio, antioxidante sintético normalmente utilizado na elaboração de hambúrgueres, demonstrando potencial para substituição do antioxidante sintético pela farinha de cúrcuma sem ocasionar alterações significativas na composição química, encolhimento, perfil de textura.

4. Conclusão

A farinha de cúrcuma apresentou elevados teores de compostos flavonoides, fenólicos totais e capacidade antioxidante com potencial para a uso como antioxidante natural em produtos cárneos. A aplicação da farinha de cúrcuma como substituto ao antioxidante sintético em hambúrgueres de frango resultou em um produto cárneo sem alterações de composição química e perfil de textura, com melhor rendimento e com estabilidade oxidativa semelhante ao antioxidante sintético.

Referências

Ali, A., Wu, H., Ponnampalam, E. N., Cottrell, J. J. & Dunshea, F. R. (2021). Comprehensive Profiling of Most Widely Used Spices for Their Phenolic Compounds through LC-ESI-QTOF-MS2 and Their Antioxidant Potential. *Antioxidants*, 10(5), 721.

<https://doi.org/10.3390/antiox10050721>

Aminzare, M., Hashemi, M., Ansarian, E., Bimkar, M., Azar, H. H., Mehrasbi, M. R., Daneshamooz, S., Raeisi, M., Jannat, B. & Afshari, A. (2019). Using Natural Antioxidants in Meat and Meat Products as Preservatives: A Review. *Advances in animal and veterinary sciences*, 7(5), 417-426. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2019/7.5.417.426>

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg: AOAC International.

Bagchi, A. (2012). Extraction of Curcumin. *Journal of Environmental Sciences, Toxicology and Food Technology*, 1(3), 01-16. <http://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol1-issue3/A0130116.pdf>

Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62–66.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2000). *Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto* (Instrução Normativa SDA nº 20, de 31 de julho de 2000). Diário Oficial da União.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2005). *Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos*. Resolução nº263, de 22 de Setembro de 2005.

Carvalho, F. A. L., Munekata, P. E. S., Oliveira, A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Food Research International*, 136, 109487. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109487>

Channon, H. A. & Trout, G. R. (2002). Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Science*. 62(1), 9–17. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00221-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00221-2)

Chirife, J. & Fontan, C. F. (1982). Water Activity of Fresh Foods. *Journal of Food Science*, 47(2), 661–663. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb10145.x>

Cócaro, E. S., Laurindo, L. F., Alcantara, M., Martins, I. B. A., Junior, A. A. B. & Deliza, R. (2019). The addition of golden flaxseed flour (*Linum usitatissimum* L.) in chicken burger: Effects on technological, sensory, and nutritional aspects. *Food Science and Technology International*, 6(2), 105-112. <https://doi.org/10.1177/1082013219871410>

Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Tonin, F. G., Lima, C. G., Pugine, S. M. P., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M. & Melo, M. P. (2016). Evaluation of antioxidant capacity of 13 plant extracts by three different methods: cluster analyses applied for selection of the natural extracts with higher antioxidant capacity to replace synthetic antioxidant in lamb burgers. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 451–460. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1994-x>

Ferreira, V. C. S., Morcuende, D., Madruga, M. S., Silva, F. A. P., & Estévez, M. (2018). Role of protein oxidation in the nutritional loss and texture changes in ready-to-eat chicken patties. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(6), 1518–1526. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13733>

Guerra, A. M. S., Hoyos, C. G., Velásquez-Cock, J. A., Acosta, L. V., Rojo, P. G., Giraldo, A. M. V. & Gallego, R. Z. (2020). The nanotech potential of turmeric (*Curcuma longa* L.) in food technology: A review. *Food Science and Nutrition*, 60(11), 1842-1854. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1604490>

Hewlings, S. J. & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 92. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>

Jiang, T., Ghosh, R. & Charcosset, C. (2021). Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials – A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 419-430. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.015>

Karpińska-Tymoszczyk, M. & Draszanowska, A. (2019). The effect of natural and synthetic antioxidants and packaging type on the quality of cooked poultry products during frozen storage. *Food Science and Technology International*, 25(5), 429-439. <https://doi.org/10.1177/1082013219830196>

Kilic, S., Oz, E. & Oz, F. (2021). Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs. *Food Control*, 128, 108189. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108189>

Kim, I., Yang, M., Lee, O. & Kang, S. (2011). Antioxidant activities of hot water extracts from various spices. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 4120-3131. <https://doi.org/10.3390/ijms12064120>

Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y. & Park, J. (2011). Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry*, 124(4), 1577-1582. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.016>

Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F. & Paci, G. (2015). Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. *Meat Science*, 110, 93-100.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005>

Mancini, S., Preziuso, G. & Paci, G. (2016). Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on antioxidant capacity and oxidative status in rabbit burgers after cooking. *World Rabbit Science*, 24(2), 121-127.

<https://doi.org/10.4995/wrs.2016.4207>

Mendes, R., Cardoso, C. & Pestana, C. (2009). Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. *Food Chemistry*, 112, 1038-1045.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.052>

Moarefian, M., Barzegar, M. & Sattari, M. (2013). *Cinnamomum zeylanicum* essential oil as a natural antioxidant and antibacterial in cooked sausage. *Journal of Food Biochemistry*, 37(1), 62-69.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2011.00600.x>

Mushtaq, Z., Nadeem, M. T., Arshad, M. U., Saeed, F., Ahmed, M.H., Ain, H. B. U., Javed, A., Anjum, F. M. & Hussain, S. (2019) Exploring the biochemical and antioxidant potential of ginger (Adric) and turmeric (Haldi). *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1642-

1651. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1666138>

Oliveira, D. F., Coelho, A. R., Burgardt, V. C. F., Hashimoto, E. H., Lunkes, A. M., Marchi, J.

F. & Tonial, I. B. (2013). Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão.

Brazilian Journal of Food Technology, 16(3), 163–174. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232013005000021>

Patriani, P., Hellyward, J., Apsari, N. L. & Hasnudi. (2021). Application of sweet basil (*Ocimum basilicum*) on physical and organoleptic qualities of chicken meatballs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782, 022083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022083>

Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., Andrade, P. B. (2009) Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202 – 2211. <https://doi.org/10.3390/molecules14062202>

Pires, M. A., Munekata, P. E. S., Villanueva, N. D. M., Tonin, F. G., Baldin, J. C., Rocha, Y. J. P., Carvalho, Rodrigues, I. & Trindade, M. A. (2017). The Antioxidant Capacity of Rosemary and Green Tea Extracts to Replace the Carcinogenic Antioxidant (BHA) in Chicken Burgers. *Journal of Food Quality*, 2017, 2409527. <https://doi.org/10.1155/2017/2409527>

Reddy, D. M., Reddy, G. V. B. & Mandal, P. K. (2018). Application of Natural Antioxidants in Meat and Meat Products-A Review. *Food & Nutrition Journal*, 7(3), 100073. [DOI: 10.29011/2575-7091. 100073](https://doi.org/10.29011/2575-7091.100073)

Restrepo-Osorio, J., Nobile-Correa, D. P., Zuñiga, O. & Sánchez-Andica, R. A. (2020). Determination of nutritional value of turmeric flour and the antioxidant activity of *Curcuma longa* rhizome extracts from agroecological and conventional crops of Valle del Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 49(1), 26-32. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v1n49.79334>

Ribeiro, J. S., Santos, M. J. M. C., Silva, L. K. R., Pereira, L. C. L., Santos, I. A., Lannes, S. C. S. & Silva, M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>

Sepahpour, S., Selamat, J., Manap, M. Y. A., Khatib, A. & Razis, A. F. A. (2018). Comparative Analysis of Chemical Composition, Antioxidant Activity and Quantitative Characterization of Some Phenolic Compounds in Selected Herbs and Spices in Different Solvent Extraction Systems. *Molecules*, 23(2), 402. <https://doi.org/10.3390/molecules23020402>

Sharma, P. & Yadav, S. (2020). Effect of Incorporation of Pomegranate Peel and Bagasse Powder and Their Extracts on Quality Characteristics of Chicken Meat Patties. *Food Science of Animal Resources*, 40(3), 388-400. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e19>

Soares, A. L., Mendonça, F. J., Negrão, I. D. A., Pavanello, A. C. L., Gerônimo, B. C., Michalichen, K. C., Carreira, C. M. & Venturini, D. (2021). Determinação do teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante de cúrcuma orgânica comercial. In S. M. C. Siqueira (Ed.), *Farmacologia Aplicada à Enfermagem: Aspectos Teóricos e Práticos* (cap. 4; p. 61-72). São Paulo: Científica Digital.

Sueth-Santiago, V., Mendes-Silva, G. P., Decoté-Ricardo, D. & de Lima, M. E. F. (2015). Curcumina, o pó dourado do açafrão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. *Química Nova*, 38(4), 538–552. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150035>

Sulaiman, S. F., Sajak, A. A. B., Supriatno, K. L. O. & Seow, E. M. (2011). Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4), 506–515. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.020>

Tanvir, E. M., Hossen, S., Hossain, F., Afroz, R., Gan, S. H., Khalil, I. & Karim, N. (2017). Antioxidant Properties of Popular Turmeric (*Curcuma longa*) Varieties from Bangladesh. *Journal of Food Quality*, 2017, 8471785. <https://doi.org/10.1155/2017/8471785>

Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T. & Dugan-Jr, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37, 44–48. <https://doi.org/10.1007/BF02630824>

Utrera, M. & Estévez, M. (2013). Oxidative Damage to Poultry, Pork, and Beef during Frozen Storage through the Analysis of Novel Protein Oxidation Markers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(33), 7987–7993. <https://doi.org/10.1021/jf402220q>

Zhang, H., Wu, J. & Guo, X. (2016). Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*, 5(1), 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.11.003>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A farinha de cúrcuma apresentou elevados teores de compostos flavonoides (29,68 mg QE g⁻¹), fenólicos totais (8,13 mg GAE g⁻¹) e capacidade antioxidante elevada pelo método DPPH (48,71% de inibição) e poder de redução do íon férrico (FRAP) (9,11 mg QE g⁻¹) indicando potencial para a uso como antioxidante natural em produtos cárneos.

A aplicação da farinha de cúrcuma como substituto ao antioxidante sintético em hambúrgueres de frango resultou em um produto cárneo sem alterações de composição química e perfil de textura, com melhor rendimento (91,27%) comparado às demais formulações, e com a manutenção de cor dos hambúrgueres durante o período de armazenamento. A farinha de cúrcuma atuou como um potente antioxidante natural, prevenindo a oxidação lipídica equiparável ao antioxidante sintético eritorbato de sódio.

Estudos adicionais são necessários para verificar a aceitação dos hambúrgueres através de análise sensorial para referendar possibilidade de uso da cúrcuma como antioxidante natural.

REFERÊNCIAS

- AKBAR, A.; KHAN, S.A.; ALI, I. Functional, antioxidant, antimicrobial potential and food safety applications of *Curcuma longa* and *Cuminum cyminum*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 51, n. 3, p. 1129-1135, 2019.
- AKTER, J.; HOSSAIN, A.; TAKARA, K.; ISLAM, Z.; HOU, X. Antioxidant activity of different species and varieties of turmeric (*Curcuma* spp): Isolation of active compounds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 215, p. 9–17, 2019.
- ALVARES, V. S.; SILVA, R. S.; CUNHA, C. R.; FELISBERTO, F. A. V.; CAMPOS FILHO, M. D.. Efeito de diferentes concentrações de corante Natural de Açafrão-da-terra na composição da farinha de mandioca artesanal. **Revista Caatinga**, v. 8, n.1, p. 256 - 262, 2015.
- AMARAL, A. B.; SILVA, M. V.; LANNES, S. C. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1–15, 2018.
- AMINZARE, M.; HASHEMI, M.; ANSARIAN, E.; BIMKAR, M.; AZAR, H. H.; MEHRASBI, M. R.; DANESHAMOOZ, S.; RAEISI, M.; JANNAT, B.; AFSHARI, A.. Using Natural Antioxidants in Meat and Meat Products as Preservatives: A Review. **Advances in animal and veterinary sciences**, v. 7, n. 5, p. 417-426, 2019.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. Monografia da espécie *Curcuma longa* L. (CÚRCUMA). 2015. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/fevereiro/22/MonografiaCurcuma-CP-corrigida.pdf>>. Acesso em: 27 jan 2019.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3 ed. Rev. ampl. Viçosa: UFV, 2004.
- BAGCHI, A. Extraction of Curcumin. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 1, p. 1–16, 2012.
- BOBBIO, A.P.; BOBBIO, F.O., **Química de processamento de alimentos**. Ed 3. São Paulo: Editora Varela. p. 33 – 44, 2001.
- BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, p. 62–66, 1978.
- BRAGA, M. C.; VIEIRA, E. C. S.; DE OLIVEIRA, T. F. *Curcuma longa* L. leaves: Characterization (bioactive and antinutritional compounds) for use in human food in Brazil. **Food Chemistry**, v. 265, p. 308–315, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa e

Agropecuária. **Instrução Normativa N° 20, de 31 de julho de 2000 - Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de fiambre, de hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução - RDC nº 540, de 27 de outubro de 1997 - Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 de outubro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução - RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002 - Regulamento Técnico para Rotulagem de Alimentos Embalados.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de setembro de 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução - RDC nº 272, de 14 de março de 2019 - Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2019.

BREWER, M. S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 4, p. 221–247, 2011.

CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e tecnologia de alimentos.** 1ª Ed. E-book: Manole, 2016.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, p. 107–120, 2018.

CARVALHO, F. A. L.; MUNEKATA, P. E. S.; OLIVEIRA, A. L.; PATEIRO, M.; DOMÍNGUEZ, R.; TRINDADE, M. A.; LORENZO, J. M. Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. **Food Research International**, v. 136, 109487, 2020.

CASAROTTO, J. **Uso de Antioxidantes Naturais na preservação do Estado Oxidativo de Salsichas.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 121 fls, 28 mar. 2013.

CECÍLIO FILHO, A. B.; SOUZA, R. J.; BRAZ, L. T.; TAVARES, M. Cúrcuma: planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 171–177, 2000.

CHAPPALWAR, A. M.; PATHAK, V.; GOSWAMI, M.; Development of functional chicken patties with incorporation of mango peel powder as fat replacer. **Nutrition & Food Science**, v. 30, n. 1, 2020.

CHINEDUM, E.; KATE, E.; SONIA, C.; IRONKWE, A.; ANDREW, I. Polyphenolic Composition and Antioxidant Activities of 6 New Turmeric (*Curcuma Longa* L.) Accessions. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 22-27, 2015.

CÓCARO, E. S.; LAURINDO, L. F.; ALCANTARA, M.; MARTINS, I. B. A.; JUNIOR, A. A. B.; DELIZA, R. The addition of golden flaxseed flour (*Linum usitatissimum* L.) in chicken burger: Effects on technological, sensory, and nutritional aspects. **Food Science and Technology International**, v. 6, n. 2, p. 105-112, 2019.

DAMODARAN, S.; PARKIN, k. I.; FENNEMA, O. **Química de alimentos**. 5 ed. ARTMED, 1630p. 2019.

DOMÍNGUEZ, R.; PATEIRO, M.; GAGAOUA, M.; BARBA, F. J.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. **Antioxidants**, v. 8, n. 10, 429, 2019.

ELAMA, C.; TARAWA, M.; AL-RIMAWI, F. Oleuropein from Olive Leaf Extract as Natural Antioxidant of Frozen Hamburger. **Journal of Food Science and Engineering**, v. 7, n. 8, p. 406-412, 2017.

FERNANDES, R. P. P.; TRINDADE, M. A.; TONIN, F. G.; LIMA, C. G.; PUGINE, S. M. P.; MUNEKATA, P. E. S.; LORENZO, J. M.; MELO, M.P. Evaluation of antioxidant capacity of 13 plant extracts by three different methods: cluster analyses applied for selection of the natural extracts with higher antioxidant capacity to replace synthetic antioxidant in lamb burgers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 451–460, 2016.

GAHRUIE, H. H.; HOSSEINI, S. M. H.; TAGHAVIFARD, M. H.; ESKANDARI, M. H.; GOLMAKANI, M. T.; SHAD, E. Lipid Oxidation, Color Changes, and Microbiological Quality of Frozen Beef Burgers Incorporated with Shirazi Thyme, Cinnamon, and Rosemary Extracts. **Journal of food quality**, v. 2017, 6350156, 2017.

GUERRA, A. M. S., HOYOS, C. G.; VELÁSQUEZ-COCK, J. A.; ACOSTA, L. V.; ROJO, P. G.; GIRALDO, A. M. V.; GALLEGU, R. Z. The nanotech potential of turmeric (*Curcuma longa* L.) in food technology: A review. **Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 11, p. 1842-1854, 2020.

HEWLINGS, S. J.; KALMAN, D. S. Curcumin: A Review of Its' Effects on Human Health. **Foods**, v. 6, n. 10, 22 out. 2017.

HONORATO, T. C.; BATISTA, E. Aditivos alimentares: aplicações e toxicologia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 01-11, 2013.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. **Meat Science**, v. 120, p. 107–117, 2016.

JÚNIOR, M. M.; OLIVEIRA, T. P.; GONÇALVES, O. H.; LEIMANN, F. V.; MARQUES,

L. L.; FUCHS, R. H. B.; CARDOSO, F. A. R.; DROVAL, A. A. Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. **Food Chemistry**, v. 300, 125231, 2019.

KARIMI, N.; GHANBARZADEH, B.; HAMISHEHKAR, H.; MEHRAMUZ, B.; KAFIL, H. S. Antioxidant, Antimicrobial and Physicochemical Properties of Turmeric Extract-Loaded Nanostructured Lipid Carrier (NLC). **Colloid and Interface Science Communications**, v. 22, p. 18–24, 2018.

KILIC, S.; OZ, E.; OZ, F. Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs. **Food Control**, v. 128, 108189, 2021.

LEÃO, L. L.; OLIVEIRA, F. S.; SOUZA, R. S.; FARIAS, P. K. S.; FONSECA, F. S. A; MARTINS, E. R.; SOUZA, R. M. Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus subprodutos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 7, 2017.

LIM, H. S.; PARK, S. H.; GHAFOOR, K.; HWANG, S. Y.; PARK, J. Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa L.*) cultivated in South Korea -. **Food Chemistry**, v. 124, p. 1577–1582, 2011.

LIU, C.; CHEN, W.; WANG, N.; JIN, J. Optimization of extraction of antioxidants from turmeric (*Curcuma longa L.*) using response surface methodology. **Wuhan University Journal of Natural Sciences**, v. 23, n. 1, p. 63–69, 2018.

MANCINI, S.; PREZIUSO, G.; DAL BOSCO, A.; ROSCINI, V.; SZENDRŐ, Z.; FRATINI, F.; PACI, G. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa L.*) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. **Meat Science**, v. 110, p. 93-100, 2015.

MANCINI, S.; PREZIUSO, G.; PACI, G. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa L.*) and ascorbic acid on antioxidant capacity and oxidative status in rabbit burgers after cooking. **World Rabbit Science**, v. 24, n. 2, p. 121–127, 2016.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. **Food Research International**, v. 94, p. 90–100, 2017.

MUSHTAQ, Z.; NADEEM, M. T.; ARSHAD, M. U.; SAEED, F.; AHMED, M. H.; AIN, H. B. U.; JAVED, A.; ANJUM, F. M.; HUSSAIN, S. Exploring the biochemical and antioxidant potential of ginger (Adric) and turmeric (Haldi). **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1642–1651, 2019.

NASCIMENTO, M. G. F.; OLIVEIRA, C. Z. F.; NASCIMENTO, E. R. Hamgúrguer: evolução comercial e padrões microbiológicos. **B.Ceppa**, v. 23, n. 1, p. 59–74, 2005.

OLIVEIRA, D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M.; MARCHI, J. F.; TONIAL, I. B.. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 3, p. 163–174, 2013.

OLIVEIRA, R. R.; LAGE, E. E.; NETO, O. J. S.; SALES, M. C. Antioxidantes naturais

em produtos cárneos. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 6, p. 1319-1324, 2016.

PANPATIL, V. V.; TATTARI, S.; KOTA, N.; NIMGULKAR, C.; POLASA, K. *In vitro* evaluation on antioxidant and antimicrobial activity of spice extracts of ginger, turmeric and garlic. **Journal of Farmacognosy and Phytochemistry**. v. 2, n. 3, p. 143-148, 2013.

PATRIANI, P.; HELLYWARD, J.; APSARI, N. L.; HASNUDI. Application of sweet basil (*Ocimum basilicum*) on physical and organoleptic qualities of chicken meatballs. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 782, 022083, 2021.

PEREIRA, M. G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS. p. 128, 2009.

PÉRET-ALMEIDA, L. NAGHETINI, C. C.; NUNAN, E. A.; JUNQUEIRA, R. G.; GLÓRIA, M. B. A. Atividade antimicrobiana *in vitro* do rizoma em pó, dos pigmentos curcuminoides e dos óleos e dos essenciais da *Curcuma longa* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 875–881, 2008.

PUBCHEM. **Sodium erythorbate**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23683938>>. Acesso em: 30 abr 2020.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, 2006.

RATHER, S. A.; MASOODI, F. A.; AKHTER, R.; RATHER, J. A.; SHIEKH, K. A. Advances in use of Natural Antioxidants as Food Additives for improving the Oxidative Stability of Meat Products. **Madridge Journal of Food Technology**, v. 1, n. 1, p. 10-17, 2016.

REAL, C. F.; BASSO, G. O.; ALVES, G.; PASCHOAL, E. C.; SANTOS, I. C.; OTUTUMI, L. K. Uso de antioxidantes naturais em hambúrgueres elaborados com carne mecanicamente separada de aves. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 21, n. 4, 2019.

REDDY, D. M.; REDDY, G. V. B.; MANDAL, P. K. Application of Natural Antioxidants in Meat and Meat Products-A Review. **Food & Nutrition Journal**, v. 7, n. 3, 2018.

REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. **Hambúrgueres industrializados: nutrição prática de forma segura e sustentável**. Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1ª ed. São Paulo: Ital, Abia. BB Editora, 2021.

RESTREPO-OSORIO, J.; NOBILE-CORREA, D. P.; ZUÑIGA, O.; SÁNCHEZ-ANDICA, R. A. Determination of nutritional value of turmeric flour and the antioxidant activity of *Curcuma longa* rhizome extracts from agroecological and conventional crops of Valle del Cauca-Colombia. **Revista Colombiana de Química**, v. 49, n. 1, p. 26-32, 2020.

RIBEIRO, J. S.; SANTOS, M. J. M. C.; SILVA, L. K. R.; PEREIRA, L. C. L.; SANTOS, I. A.; LANNES, S. C. S.; SILVA, M. V. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. **Meat Science**, v. 148, p. 181–188, 2019.

SANTOS-SÁNCHEZ, N. F.; SALAS-CORONADO, R.; VALADEZ-BLANCO, R.; HERNANDEZ-CARLOS, B.; GUADARRAMA-MENDOZA, P. C.; Natural antioxidants extracts as food preservatives. **Acta. Sci. Pol. Technol. Aliment**, v. 16(4), p. 361–370, 2017.

SEPAHPOUR, S.; SELAMAT, J.; MANAP, M. Y. A.; KHATIB, A.; RAZIS, A. F. A. Comparative Analysis of Chemical Composition, Antioxidant Activity and Quantitative Characterization of Some Phenolic Compounds in Selected Herbs and Spices in Different Solvent Extraction Systems. **Molecules**, v. 23, n. 2, 2018.

SHARMA, P.; YADAV, S. Effect of Incorporation of Pomegranate Peel and Bagasse Powder and Their Extracts on Quality Characteristics of Chicken Meat Patties. **Food Science of Animal Resources**, v. 40, n. 3, p. 388-400, 2020.

SHOBA

, G.; JOY, D.; JOSEPH, R.D.; MAJEED, M.; RAJENDRAN, R.S.; SRINIVAS, P. Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. **Planta medica**, v. 64, n. 4, p. 353-356, 1998.

SILVA GOMES, V. T.; GOMES, R. S.; GOMES, M. S.; VIANA, L. V. M.; CONCEIÇÃO, F. R.; AMORIM, L. M. M.; GENARO, P. S. Antioxidantes em alimentos: informações rotulares. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 654, 2017.

SUETH-SANTIAGO, V.; MENDES-SILVA, G. P.; DECOTÉ-RICARDO, D.; DE LIMA, M. E. F. Curcumina, o pó dourado do açafrão-da-terra: introspecções sobre química e atividades biológicas. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 538–552, 2015.

SULAIMAN, S. F.; SAJAK, A. A. B.; SUPRIATNO, K. L. O.; SEOW, E. M. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis, 8th International Food Data Conference: Quality food composition data, key for health and trade**, v. 24, n. 4, p. 506–515, 2011.

TARLADGIS, B. G.; PEARSON, A. M.; DUGAN, L. R. Chemistry of the 2- thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods - II Formation of the TBA - Malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v. 15, n. 9, p. 602-607, 1964.

TANVIR, E. M.; HOSSEN, S.; HOSSAIN, F.; AFROZ, R.; GAN, S. H.; KHALIL, I.; KARIM, N. Antioxidant Properties of Popular Turmeric (*Curcuma longa*) Varieties from Bangladesh. **Journal of Food Quality**, v. 2017, 8471785, 2017.

ZAGO, G. R. **Estabilidade oxidativa de linguiça tipo Toscana com extrato liofilizado de casca de romã (*Punica granatum* L.)**. 2018. 120 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Passo

Fundo, Passo Fundo, RS, 2018.

ZHANG, H.; WU, J.; GUO, X. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 1, p. 39–48, 2016.